

Univerzita Karlova
Přírodovědecká fakulta
Katedra fyzické geografie a geoekologie

Geografie
Fyzická geografie a geoekologie



Bc. Jakub Ležík

**HABITATOVÉ NÁROKY LEVHARTA SNĚŽNÉHO A MÍRA KONEKTIVITY
KRAJINY NEPÁLU A TIBETU**

Habitat requirements of snow leopard and the level of landscape connectivity of
Nepal and Tibet

Diplomová práce

Vedoucí diplomové práce: RNDr. Dušan Romportl, Ph.D.

Praha, 2018

Prohlášení:

Prohlašuji, že jsem závěrečnou práci zpracoval samostatně a že jsem uvedl všechny použité informační zdroje a literaturu. Tato práce ani její podstatná část nebyla předložena k získání jiného nebo stejného akademického titulu.

V Hradci Králové, 14.4.2018

Bc. Jakub Ležík

Poděkování:

Na tomto místě bych rád poděkoval vedoucímu mé práce RNDr. Dušanu Romportlovi, Ph.D. za obětavou a vytrvalou pomoc a mnoho neocenitelných rad při zpracovávání diplomové práce. Dík patří také Bikramu Shrestovi za poskytnutí důležitých dat pro analýzu. Dále tímto chci poděkovat i své rodině za vytrvalou podporu po celou dobu mého studia.

Zadání diplomové práce

Název práce

Habitatové nároky levharta sněžného a míra konektivity krajiny Nepálu a Tibetu

Habitat requirements of snow leopard and the level of landscape connectivity of Nepal and Tibet

Klíčová slova

habitatové modelování - konektivita habitatů - levhart sněžný

habitat modelling – habitat connectivity – snow leopard

Cíle práce

- Rešerše hodnocení konektivity habitatů a resistance krajiny ve vztahu k výskytu a šíření levharta sněžného
- Rešerše stavu konektivity krajiny a ochrany levharta sněžného v různých částech jeho areálu rozšíření
- Analýza konektivity krajiny Nepálu z pohledu levharta sněžného
- Analýza změn habitatových preferencí v průběhu roku
- Výpočet migračních vzdáleností
- Zhodnocení překryvu klíčových oblastí výskytu levharta sněžného a chráněných oblastí v Nepálu

Objectives of the thesis

- Review of evaluation of habitat connectivity and landscape resistance in relation to presence and dispersion of snow leopard
- Review of state of landscape connectivity and protection of snow leopard in different parts of its geographic range
- Analysis of connectivity of Nepal landscape for snow leopard
- Analysis of differences of habitat preferences during a year
- Calculation of migration distances
- Evaluation of overlay of key areas of presence of snow leopard and protected areas in Nepal

Použité pracovní metody, zájmové území, zdroje

Zájmovým územím jsou velehorské oblasti Nepálu a příhraniční části Indie a Číny. Pro charakteristiku prostředí zájmového území budou použita klimatická data z databáze WorldClim, digitální model terénu SRTM DEM a krajinný pokryv GlobCover. Analýza habitatových nároků bude provedena v programu MaxEnt. Pro hodnocení konektivity bude použit nástroj Linkage Mapper.

Working methods, area of interest, data sources

The area of interest comprises mountain regions of Nepal and contiguous parts of India and China. For environmental description of the area of interest will be used climatic data from the WorldClim database, digital elevation model SRTM and landcover data GlobCover. Analysis of habitat requirements will be done in the MaxEnt software, for evaluation of connectivity will be used the Linkage Mapper tool.

Datum zadání:

16.12.2016

Podpis studenta

Bc. Jakub Ležík

Podpis vedoucího práce

RNDr. Dušan Romportl, Ph.D.

Podpis vedoucího katedry

Habitatové nároky levharta sněžného a míra konektivity krajiny Nepálu a Tibetu

Abstrakt

Tato diplomová práce se zabývá problematikou zjišťování habitatových nároků živočichů a míry prostupnosti krajiny pro jejich pohyb. Toto dynamicky se rozvíjející odvětví biogeografie má velký potenciál pro uplatnění při řešení otázek týkajících se druhové ochrany a k pochopení fungování krajiny jako propojeného celku. V rešeršní části práce je představen teoretický základ a používané metody k hodnocení míry konektivity krajiny. Druhá část obsahuje popis provedené analýzy habitatových nároků a míry konektivity krajiny pro levharta sněžného (*Panthera uncia*) v horských oblastech Nepálu a přiléhajícím území Indie a čínského Tibetu. Tato vzácná kočkovitá šelma je ohrožena narůstajícím antropogenním tlakem a také globálními klimatickými změnami, což vede mj. k úbytku vhodných stanovišť a jejich fragmentaci. Pro účinnou ochranu tohoto druhu je tudíž důležité znát jeho životní nároky a vymezit klíčová území pro jeho přežití, k čemuž chce svým dílem přispět i tato práce. V závěrečné části jsou dosažené výsledky porovnány s již provedenými výzkumy týkajícími se tohoto tématu.

Klíčová slova

habitatové modelování - konektivita habitatů - levhart sněžný

Habitat requirements of snow leopard and the level of landscape connectivity of Nepal and Tibet

Abstract

This master's thesis deals with the issues of assessing habitat requirements of animals and the level of landscape connectivity for their movement. This dynamically developing branch of biogeography has a great potential for application in answering questions about species' conserving and for the understanding of landscape as functionally interconnected complex. In review part of this thesis there are summarized theoretical basics and practical methods of evaluating the level of landscape connectivity. Second part presents the analysis of habitat requirements of snow leopard (*Panthera uncia*) and the level of landscape connectivity of mountainous regions of Nepal and adjacent regions of India and Tibet for its movement. This rare felidae predator is endangered by increasing intensity of human activities in its geographic range as well as by global climate change, which leads to reduction of area of suitable habitat and its fragmentation. For effective conservation of this species it is necessary to understand snow leopard's living requirements and to delineate key areas for its survival. Results of the analysis are discussed with other published researches concerning this topic in final part of this thesis.

Keywords

habitat modelling – habitat connectivity – snow leopard

Obsah

Seznam obrázků a tabulek	8
1. Úvod	9
2. Hodnocení konektivity habitatů.....	11
2.1 Vstupní data pro modely konektivity	11
2.1.1 Environmentální data	12
2.1.2 Biologická data	12
2.1.3 Zpracování habitatového modelu	14
2.2 Existující přístupy k hodnocení konektivity	15
2.2.1 Cesta nejmenších nákladů.....	15
2.2.2 Koridor nejmenších nákladů.....	16
2.2.3 Teorie elektrického obvodu	17
3. Ochrana a stav populací levharta sněžného v různých částech jeho areálu	19
3.1 Mezinárodní ochrana	20
3.2 Hlavní hrozby.....	21
3.3 Ochranná opatření.....	23
3.3.1 Spolupráce s místními obyvateli.....	23
3.3.2 Boj s pytláctvím.....	24
3.4 Stav populací.....	25
4. Metodika.....	27
4.1 Zájmové území	27
4.2 Použitá data	28
4.3 Postup modelování	30
5. Analýza konektivity krajiny Nepálu z pohledu levharta sněžného	32
5.1 Habitatové nároky	32
5.2 Model konektivity krajiny	34
5.3 Migrační vzdálenosti	36
5.4 Změny habitatových nároků v průběhu roku	37
6. Diskuze.....	39
7. Závěr	42
Použitá literatura	43
Přílohy	48

Seznam obrázků a tabulek

Obr. 1: Využití genetických dat pro nalezení diskontinuit v populaci srnce obecného	13
Obr. 2: Korelace euklidovské vzdálenosti s délkou LCP, resp. efektivní vzdáleností	16
Obr. 3: Koridor nejmenších nákladů	17
Obr. 4: Vyjádření konektivity krajiny pomocí elektrického obvodu	17
Obr. 5: Areál levharta sněžného a počty jedinců v jednotlivých státech	19
Obr. 6: Příklad zabezpečené ohrady pro dobytek	24
Obr. 7: Chráněná území a oblasti výskytu levharta sněžného v Nepálu	25
Obr. 8: Vymezení zájmového území	27
Obr. 9: Mapy nadmořských výšek, průměrné roční teploty, teplotního rozpětí a průměrných ročních srážek v oblasti	28
Obr. 10: Mapa krajinného pokryvu v oblasti	29
Obr. 11: Mapa vzdálenosti od silniční sítě	29
Obr. 12: Mapa oblastí, kde byl sledován výskyt levharta sněžného	30
Obr. 13: Mapa indexu HSI pro levharta sněžného	32
Obr. 14: Odpovědní křivky na jednotlivé environmentální proměnné	33
Obr. 15: Odpovědní křivky na jednotlivé environmentální proměnné	34
Obr. 16: Mapa cest (LCP) a koridorů (LCC) nejmenších nákladů	35
Obr. 17: Migrační koridory vyjádřené pomocí hustoty proudu	36
Obr. 18: Mapa změn rozložení jádrových oblastí v průběhu roku	38
Obr. 19: Rozdíly mezi cestami nejmenších nákladů a hustotou proudu	39
Obr. 20: Rozdíly mezi efektivní a rezistenční vzdáleností	40
Tab. 1: Závažnost hrozeb pro levharta sněžného v zemích výskytu	21
Tab. 2: Charakteristika nejvhodnějších oblastí pro výskyt levharta sněžného	33
Tab. 3: Různé způsoby vyjádření izolovanosti dvou lokalit	37
Tab. 4: Změny habitatových nároků v průběhu roku	38
Příloha 1: Mapa nadmořských výšek v oblasti	48
Příloha 2: Mapa krajinného pokryvu v oblasti	49
Příloha 3: Mapa indexu vhodnosti habitatu (HSI) pro levharta sněžného	50
Příloha 4: Mapa jádrových oblastí, cest a koridorů nejmenších nákladů	51
Příloha 5: Mapa migračních koridorů vyjádřených pomocí hustoty proudu	52
Příloha 6: Matice rezistenčních vzdáleností mezi jádrovými oblastmi	53
Příloha 7: Mapa chráněných území a jejich překryv s jádrovými oblastmi	54

1. Úvod

Přístup člověka k ochraně přírody se postupně vyvíjí. První rezervace a nejstarší národní parky byly vyhlášeny v místech, kde nedocházelo k žádnému konfliktu se zájmy lidské společnosti. Důležitou roli při rozhodování hrála především estetická hodnota dané lokality. Tento přístup z dnešního pohledu nelze odsoudit jako zcela chybný, pouze jako nedostatečný. V druhé polovině 20. století totiž začalo být zřejmé, že pro zachování biodiverzity a přírodních hodnot celé krajiny nestačí pouze několik vzájemně izolovaných bezzásahových území v odlehlých lokalitách, ale je nutné chránit přírodu i tam, kde hospodaří člověk, a chráněná území pospojovat do funkčních ekologických sítí (Machar a Drobilová 2012). Zároveň v posledních desítkách let se díky rozvoji výpočetní techniky otevřely nové možnosti pro plánování co nejefektivnější územní i druhové ochrany. Pomocí empirických dat je možné účinněji navrhnout a prosazovat konkrétní ochranná opatření. K takovým nástrojům patří i habitatové modelování a modely konektivity krajiny, které jsou hlavním tématem této diplomové práce.

Zájmovým územím je oblast nepálského Himálaje, která vyžaduje z hlediska ochrany přírody velkou pozornost. Území leží na hranici dvou biogeografických oblastí a je jedním z center světové biodiverzity. V Nepálu, který zabírá pouze 0,1 % rozlohy pevniny na Zemi, se vyskytují 4 % druhů savců a 9 % ptačích druhů celého světa, přičemž dohromady 65 z nich je uvedeno na Červeném seznamu ohrožených druhů IUCN. Hlavními hrozbami pro zdejší biodiverzitu je jak narůstající antropogenní tlak působící i ve stále vyšších a odlehlejších částech regionu, tak i globální klimatické změny, které vedou k posunu výškových vegetačních pásem. Dohromady tyto dva faktory představují riziko především pro druhy obývající zónu nad alpskou hranicí lesa, jelikož dochází ke zmenšování a fragmentaci tohoto biotopu (CEPF 2005, Paudel et al. 2012).

Levhart sněžný (*Panthera uncia*) neboli irbis je v oblasti velehor vysoké Asie vrcholovým predátorem. Jeho počty jsou odhadovány na 3 900 – 6 200 jedinců a dlouhodobě klesají. Kromě úbytku vhodných stanovišť je ohrožen i přímým konfliktem s místními obyvateli a ilegálním lovem. Z jeho ochrany může těžit celý tamní ekosystém, protože díky své atraktivitě a známosti mezi laickou veřejností má potenciál stát se tzv. deštníkovým druhem zaštiťujícím i ostatní, méně populární ohrožené druhy. Jelikož se vyskytuje v těžko přístupném velehorském terénu, je náročné získávat informace o jeho ekologii a stavu populací v celém jeho rozsáhlém

areálu (DNPWC 2017). I z toho důvodu je při plánování různých opatření pro jeho ochranu velký prostor pro využití počítačových modelů pracujících s distančními daty.

Hlavními cíli této práce je pomocí habitatového modelu popsat ekologické nároky levharta sněžného a zhodnotit míru konektivity krajiny nepálského Himálaje a přilehlých částí sousedících států pro jeho pohyb a vymezit nejvhodnější oblasti pro výskyt levharta, stejně jako poukázat na některá kritická místa omezující jeho pohyb v krajině. Dalším cílem je vypočítat migrační vzdálenosti mezi klíčovými oblastmi jeho výskytu a zjistit změny habitatových nároků v průběhu roku. V závěru jsou dosažené výsledky diskutovány s předchozími výzkumy zveřejněnými v odborné literatuře.

2. Hodnocení konektivity habitatů

Konektivita krajiny je definována jako úroveň, do jaké míry krajina umožňuje nebo omezuje pohyb mezi zdrojovými ploškami (Taylor et al. 1993). Pohyb v krajině je klíčový jak pro udržování životaschopných populací v krátkém časovém měřítku, tak i pro posun areálu rozšíření v reakci na klimatické změny v dlouhodobém horizontu. Porozumění konektivitě krajiny je důležité také pro popis šíření invazních druhů či infekčních nemocí, dynamiku metapopulací a udržení biodiverzity. Snahy o ochranu a zlepšování konektivity stojí v současnosti v centru zájmu ochranářů, protože velmi aktuálním tématem v ekologii je proces fragmentace krajiny, který vede naopak ke zhoršení průchodnosti krajiny (Cushman et al. 2013, McRae et al. 2008). Konektivita je ovlivňována dvěma hlavními faktory, a sice krajinnou strukturou a vlastnostmi konkrétního živočišného druhu. Každý druh má různé schopnosti mobility, specifické nároky na vhodný habitat a ideální uspořádání krajinných prvků, a míru konektivity tedy nelze stanovit obecně jen z vlastností krajiny (Tischendorf a Fahrig 2000). Na základě analýzy konektivity pro několik reprezentativních druhů zastupujících celou biotu oblasti lze pak vymezit koridory (spojení) obecně důležité pro konektivitu krajiny (Beier et al. 2008).

2.1 Vstupní data pro modely konektivity

Všechny nástroje k modelování konektivity vyžadují dvě vstupní vrstvy, a sice jednu charakterizující vliv prostředí na pohyb živočichů (rezistenční povrch) a druhou obsahující lokality, které mají být propojeny (zdrojová vrstva), zpravidla v rastrové podobě (Adriaensen et al. 2003). Zdrojová vrstva představuje nejčastěji oblasti nedotčené přírody (např. Spencer et al. 2010), chráněná území (např. Joshi et al. 2013) nebo nejpříhodnější lokality pro výskyt zájmového druhu či fragmenty vhodného habitatu (Liu et al. 2016). Prostorové rozlišení vstupních dat musí být přizpůsobeno účelu výzkumu, sledovanému druhu a velikosti zkoumaného území. Mělo by odpovídat měřítku, ve kterém živočich krajinu vnímá, přičemž platí, že nejjemnější rozlišení nemusí být vždy to nejlepší. Také je nutné brát ohled na výpočetní možnosti (Zeller et al. 2012).

Rezistenční povrch (též třecí, frikční povrch nebo rastr) reprezentuje vliv prostředí na pohyb organismů. Rezistencí je v tomto případě míněna kombinace tří

faktorů – ochota jedince k pohybu, fyziologické náklady spojené s pohybem a riziko mortality po cestě. Rezistenční povrch je modernějším vyjádřením charakteru prostředí než starší binární modely typu habitat/matrix vycházející z teorie ostrovní biogeografie a teorie metapopulací, které neumožňovaly bližší rozlišení kvality habitatu (Compton et al. 2007). K odvození rezistenčního povrchu slouží environmentální data popisující prostředí a biologická data nesoucí informaci o výskytu jedinců daného druhu (Zeller et al. 2012). Platí přitom předpoklad, že kvalita habitatu odpovídá míře konektivity, což ovšem do modelu vnáší určitou míru nejistoty, protože výběr habitatu je řízen snahou o dosažení co nejvyššího fitness, zatímco k pohybu mimo domovský okrsek dochází při migraci, rozšiřování areálu nebo vyhledávání partnera. To jsou ekologicky odlišné procesy, při kterých může organismus reagovat na podmínky prostředí jinak než při výběru teritoria (Cushman et al. 2013). Tento předpoklad nicméně umožňuje pro výpočet rezistenčního povrchu využít habitatové modely (SDM, *species distribution models*), které popisují závislost výskytu jedinců na podmínkách prostředí (Elith a Graham 2009).

2.1.1 Environmentální data

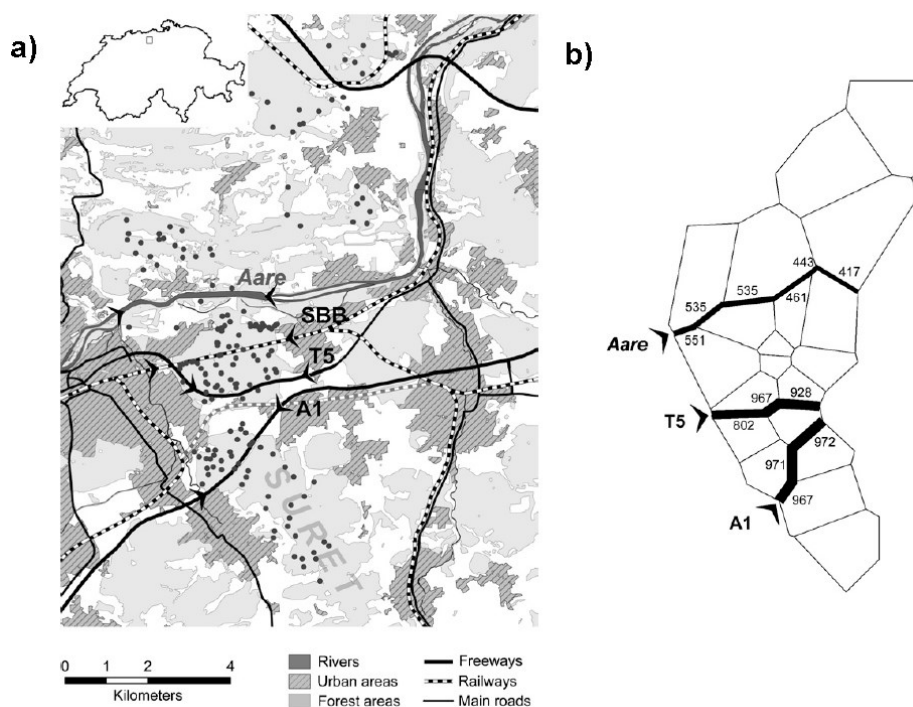
Z velmi širokého spektra dostupných environmentálních proměnných jsou nejčastěji používanými data o krajinném pokryvu, lidském osídlení a stavbách, digitální model terénu a data z něj odvozená (sklon a orientace svahu, *ruggedness index*). Do modelu by měly vstupovat pouze takové proměnné, které ovlivňují pohyb jedinců daného druhu, a jejich výběr se tedy může v různých případech lišit. Data velmi často pocházejí z dálkového průzkumu Země, díky kterému jsou v současnosti dostupné informace i z odlehlých oblastí planety s prostorovým rozlišením vyšším než jeden kilometr (např. databáze WorldClim, EarthExplorer). Environmentální data lze dělit na spojitá a kategorizovaná, přičemž je možné provést matematické transformace, klasifikace či reklasifikace tak, aby data odpovídala skutečnosti jak organismus reaguje na danou proměnnou (Zeller et al. 2012).

2.1.2 Biologická data

Biologická data, využitelná v hodnocení habitatových preferencí a konektivity prostředí, rozdělujeme na nálezová, relokační, telemetrická a genetická. Nálezová data jsou bodovými záznamy o výskytu blíže nespecifikovaného jedince daného druhu. Může se jednat o snímky z fotopastí, pozorování, stopy, trus, hlasové projevy a další pobytové značky. Nashromážděná data by měla představovat náhodný vzorek celé populace a mělo by být minimalizováno riziko autokorelace. Protože je

jejich pořizování nejjednodušší, jsou nálezová data pro modelování rezistence krajiny hojně používána. Jedná se nicméně o bodová data, z kterých je pohyb pouze usuzován, a nikoli přímo měřen. Relokační data zachycují výskyt konkrétního jedince na více lokalitách. Dokládají tedy pohyb mezi těmito lokalitami, nelze z nich však vyčíst přesnou trajektorii. Tu lze následně modelovat například metodou cesty nejmenších nákladů. Relokační data jsou využívána i pro konstrukci domovských okrsků. Telemetrická data poskytují nejdetailnější záznam o pohybu jedince. Pokud je nastaven dostatečně krátký časový interval záznamu, ukazují konkrétní trasu pohybu a její ovlivnění jednotlivými krajinnými prvky. Nevýhodou této metody je její větší technická náročnost, ve většině studií je sledováno pouze malé množství jedinců, kteří nemusejí vždy představovat reprezentativní vzorek celé populace (Cushman et al. 2013, Zeller et al. 2012).

Genetická data jsou velmi užitečným nástrojem pro hodnocení konektivity v delším časovém měřítku. Pomocí genetických analýz lze rozlišit jednotlivé populace, určit jejich genetickou vzdálenost a detekovat migranty mezi jednotlivými populacemi, případně jejich potomky (Joshi et al. 2013). Různé oblasti DNA se liší v rychlosti mutací, přičemž oblasti s větší rychlostí mutací jsou vhodné pro rozlišení mezi generacemi, zatímco oblasti s menší mírou mutací jsou použitelné pro analýzu dlouhodobého vývoje v řádu až tisíců let. V současnosti lze genetickou informaci



Obr. 1: Využití genetických dat pro nalezení diskontinuit v populaci srnce obecného

Zdroj: Hepenstrick et al. 2012

rozluštit i z velmi malého vzorku tkáně a náklady na sekvenaci DNA se snižují, čímž se tato metoda stává dostupnější pro širší využití. Díky DNA analýzám lze také sestavovat fylogenetické stromy, které graficky znázorňují míru příbuznosti jedinců či taxonů (Townsend et al. 2010). Kombinací metod používaných v populační genetice a v krajinné ekologii vznikla nová vědní disciplína nazývaná krajinná genetika, která se zabývá zkoumáním vlivu prostředí na genetickou variabilitu populací (Manel et al. 2003). Ilustrativním příkladem z praxe může být výzkum, který provedl Hepenstrick et al. (2012) ve Švýcarsku. Na základě diskontinuit v genetické struktuře populace srnce obecného (*Capreolus capreolus*) identifikoval bariéry pro jeho pohyb v krajině, které v tomto případě představovala řeka Aare a dvě dálnice. Na obrázku 1a je zobrazena mapa sledované oblasti, na obrázku 1b pak bariéry nalezené pomocí diskontinuit v DNA srnčí populace.

2.1.3 Zpracování habitatového modelu

Habitatové modely vysvětlují pozorovaný stav distribuce jedinců na základě korelace nálezových dat s environmentálními proměnnými. Slouží k definování ekologické niky sledovaného taxonu a umožňují extrapolaci výsledků do jiných geografických a environmentálních podmínek či do jiného časového období (Elith a Leathwick 2009). Výstupem je rastr vhodnosti habitatu (*habitat suitability index, HSI*) vyjadřující pravděpodobnost, s jakou se daný druh na daném místě může vyskytovat. Jestliže je prostředí na lokalitě pro konkrétní druh byť jen částečně vhodné, pak může dojít k jejímu osídlení (Elith a Graham 2009). Nezbytnou podmínkou pro správné použití modelu je předpoklad, že distribuce druhu je v rovnováze se současnými environmentálními podmínkami. To není splněno například u druhů, u nichž ještě nebyla dokončena holocenní expanze z glaciálních refugií nebo u invazních druhů (Guisan a Zimmermann 2000).

V současnosti existuje velké množství habitatových modelů. Výběr vhodné metody záleží na účelu použití a charakteru vstupních dat. Některé modely pracují pouze s prezenčními biologickými daty, jiné vyžadují také data absenční (tj. informaci, kde se druh prokazatelně nevyskytuje, kterou bývá náročnější získat) (Elith a Leathwick 2009). Základní skupinu tvoří regresní modely. Jedná se o statistické modely, mezi něž náleží nejjednodušší LS (*least square*) modely pracující s metodou nejmenších čtverců a pokročilejší GLM (*generalized linear model*) modely schopné pracovat i s jiným než normálním rozdělením reakce na environmentální proměnnou. Další rozšířenou metodou jsou tzv. environmentální

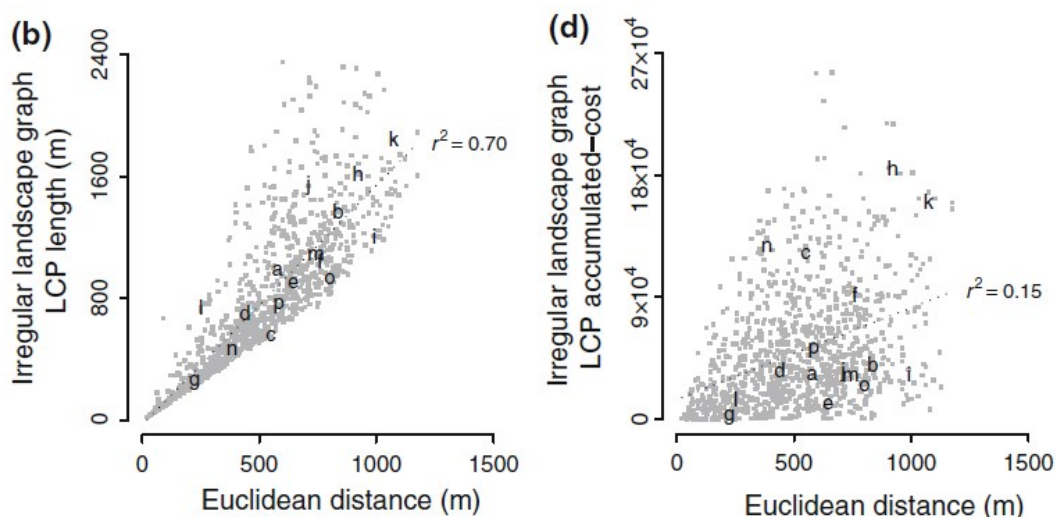
obálky. Tento přístup spočívá v ohraničení multidimenzionálního environmentálního prostoru obdélníkovým nebo složitějším konvexním obalem. Metoda environmentálních obálek je používána především pro modely velkého prostorového rozsahu (Guisan a Zimmermann 2000). Nejpokročilejší skupinou jsou modely založené na strojovém učení. V současnosti je široce používán model MaxEnt odhadující distribuci jedinců nalezením distribuce maximální entropie, který dosahuje dobrých výsledků i při relativně malém počtu prezenčních dat (Phillips et al. 2004).

2.2 Existující přístupy k hodnocení konektivity

Obdobně jako u habitatových modelů bylo vyvinuto i několik odlišných modelů sloužících k hodnocení konektivity krajiny. Liší se jak svými požadavky na vstupní data a výpočetní náročností, tak i samotným pohledem na způsob, jakým se živočichové v krajině pohybují. Každý model má své přednosti a nevýhody a každý je vhodný pro určitý okruh úloh (Cushman et al. 2013, Tischendorf a Fahrig 2000). Pro převedení krajinné struktury do matematické podoby většina modelů vychází z teorie grafů, která převádí jednotlivé plošky vhodného habitatu do bodové podoby uzlů, které jsou vzájemně funkčně propojeny hranami (Beier et al. 2011, Urban a Keitt 2001).

2.2.1 Cesta nejmenších nákladů

Metoda cesty nejmenších nákladů (*least-cost path, LCP*) umožňuje vyjádřit efektivní vzdálenost mezi dvojicí stanovišť. Jedná se o takovou trasu, na které má pohybující se organismus nejvyšší pravděpodobnost přežití. Jsou-li vhodně nastaveny vstupní parametry modelu, efektivní vzdálenost je vyjádřena ve stejných jednotkách jako přímá euklidovská vzdálenost (Adriaensen et al. 2003). Výpočet probíhá tak, že ze vstupního rezistenčního povrchu charakterizujícího náklady na pohyb v krajině je ze zvolené počáteční lokality vypočten rastr akumulovaných nákladů pokrývajících celou oblast. V něm je následně nalezena nejméně nákladná cesta k zadanému cílovému bodu. Tato metoda předpokládá ze strany pohybujícího se jedince dokonalou nebo téměř dokonalou znalost krajiny. V současnosti se jedná o široce používanou metodu, protože mezi její četné výhody patří jednoznačné výstupy v podobě vektorových linií, které jsou relativně snadno interpretovatelné a výpočet lze provést v mnoha geoinformačních programech, včetně volně



Obr. 2: Korelace euklidovské vzdálenosti s délkou LCP, resp. efektivní vzdáleností

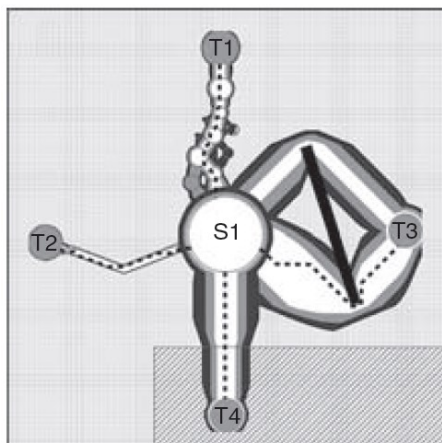
Zdroj: Etherington a Penelope Holland 2013

dostupného softwaru (Adriaensen et al. 2003, Cushman et al. 2013). Při interpretaci výsledků je vhodné pracovat s hodnotou akumulovaných nákladů (efektivní vzdáleností) a ne pouze s délkou cesty, jelikož délka cesty je silně korelována s prostou euklidovskou (tj. přímou) vzdáleností mezi počáteční a cílovou lokalitou, zatímco hodnota akumulovaných nákladů nese velké množství informace o prostupnosti krajiny, jak je doloženo na obrázku 2. Zatímco délku cesty nejmenších nákladů až ze 70 % vysvětluje euklidovská vzdálenost počátku a cíle, u akumulovaných nákladů dosahuje koeficient determinace hodnoty pouze 0,15 (Etherington a Penelope Holland 2013).

2.2.2 Koridor nejmenších nákladů

Metoda koridorů nejmenších nákladů (*least-cost corridor*) je obdobná jako výše uvedená metoda cesty nejmenších nákladů. Výstupem nicméně není linie, ale plocha. Jde o zónu, v níž jsou náklady na spojení plošek vhodných habitatů o určitý libovolný procentuální podíl vyšší než při cestě po LCP. Většinou má podobu bufferu s proměnlivou šířkou kolem cesty nejmenších nákladů, v určitých případech ale může poskytnout i alternativní spojení mezi ploškami vedoucí odděleně od LCP, které by při použití metody LCP zůstalo skryto. Díky tomu tato metoda nabízí realističtější pohled na konektivitu než metoda cesty nejmenších nákladů (Cushman et al. 2013). Tato situace je zachycena na obrázku 3. Tečkovaně jsou znázorněny cesty nejmenších nákladů, bíle, šedě a černě jsou odstupňovány koridory s hodnotou nákladů vůči LCP navýšenou o 1 %, 5 % a 10 %. Je zjevné, že mezi

ploškami S1 a T3 se již při navýšení hodnoty o 1 % objeví nové spojení, které LCP nezachycuje. Tato metoda však neumožňuje kvantifikovat míru zlepšení konektivity plynoucí z existence vícenásobného spojení místo jednoho anebo širšího koridoru namísto úzkého (McRae 2006).

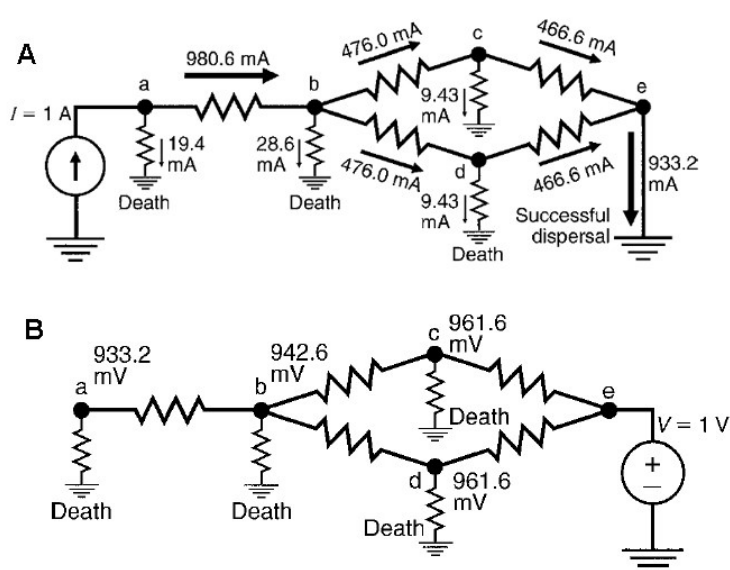


Obr. 3: Koridor nejmenších nákladů

Zdroj: McRae 2006

2.2.3 Teorie elektrického obvodu

V analýze konektivity krajiny pomocí teorie elektrického obvodu je krajina popsána jako síť uzlů propojených rezistory. Míra izolace dvou plošek zde není určena euklidovskou ani efektivní vzdáleností, ale efektivním odporem, vyjadřujícím rezistenční vzdálenost. Tato teorie pro hodnocení konektivity využívá základní



Obr. 4: Vyjádření konektivity krajiny pomocí elektrického obvodu

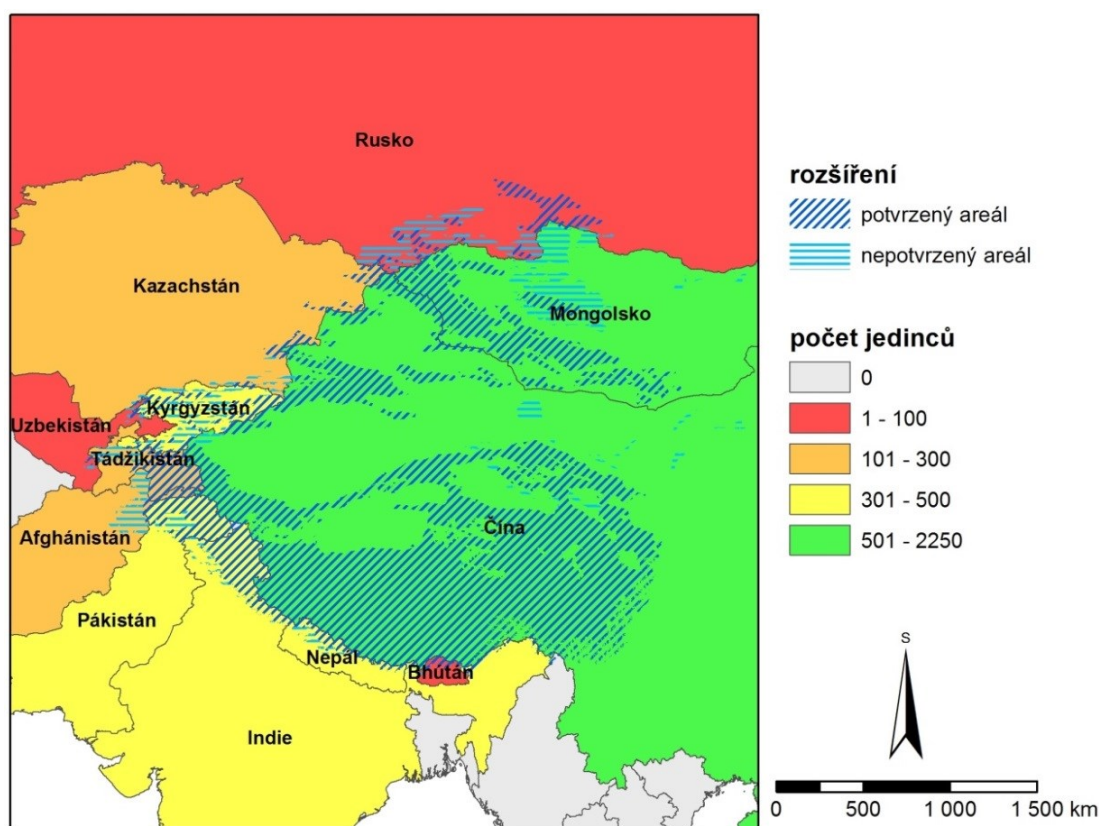
Zdroj: McRae et al. 2008

fyzikální zákony a veličiny popisující chování elektrického obvodu, především napětí, proud, odpor a vodivost. Elektrický proud (I) odpovídá pravděpodobnosti pohybu konkrétní větvi obvodu, napětí (V) v určitém konkrétním bodě vyjadřuje pravděpodobnost dosažení cíle. Odpor (R), respektive vodivost (G) popisují charakter krajiny a míru její prostupnosti pro pohyb živočichů. Metoda nabízí i možnost uzemnění, tedy zahrnutí vlivu mortality (McRae et al. 2008). Obrázek 4 ukazuje dvakrát stejný obvod, v situaci A popsany pomocí proudu, v situaci B pomocí elektrického napětí.

Teorie předpokládá, že pohyb živočichů v krajině je založen na principu tzv. náhodné procházky (*random walk*), a tedy že pohyb bude probíhat cestou nejmenšího odporu (Cushman et al. 2013). Každý následující krok je zcela nezávislý na předchozím a není předpokládána žádná znalost krajiny ze strany pohybujícího se jedince, což představuje opačný extrém než metody nejmenších nákladů. Pravděpodobnost pohybu ze zvoleného uzlu po určité větvi je rovna podílu vodivosti této větve a sumy vodivostí všech větví vedoucích z tohoto uzlu (McRae et al. 2008). Velmi významnou vlastností elektrického obvodu je, zvláště v kontrastu s výše uvedenými modely nejmenších nákladů, že při paralelním zapojení více (např. dvou) rezistorů mezi dvěma uzly klesne efektivní odpor této soustavy. Převáděno do ekologického vyjádření to znamená, že existuje-li více možných cest mezi dvěma ploškami, konektivita se zlepší. Tuto skutečnost není schopna zachytit metoda cesty nejmenších nákladů a metoda koridorů nejmenších nákladů ji pro změnu nedokáže exaktně kvantifikovat. Teorie elektrického obvodu umožňuje přesné vyčíslení zlepšení konektivity při přidání alternativního spojení. Další výhodou této metody je identifikace klíčových míst, jejichž degradace by mohla vést k výraznému zhoršení konektivity v celé sledované oblasti (Cushman et al. 2013, McRae 2006).

3. Ochrana a stav populací levharta sněžného v různých částech jeho areálu

Levhart sněžný (*Panthera uncia*) je kočkovitá šelma obývající horské oblasti střední Asie. Jeho areál dosahuje rozlohy 2 900 000 km², z čehož vhodný habitat tvoří přibližně jednu třetinu, a zasahuje na území 12 států, přičemž největší podíl areálu leží na území Číny (McCarthy et al. 2017). Populační hustota je ovšem nízká, průměrně činí přibližně 1,5 dospělého jedince na 100 km², v prostředí s dostatkem kořisti je hustota odhadována až na více než 8 jedinců na 100 km². Zjišťování populační hustoty a přesného počtu jedinců je nicméně velmi obtížné kvůli rozsáhlým a nestálým teritoriím, náročnému horskému terénu a celkové odlehlosti areálu. Výzkumy jsou prováděny většinou pouze na omezeném území, často i menším než domovský okrsek jediného levharta, což negativně ovlivňuje přesnost dosažených výsledků (Alexander et al. 2016, Jackson et al. 2014). Odhady celkové velikosti populace se tudíž v různých zdrojích výrazně liší od méně než 4 000 až po 8 700 jedinců (McCarthy et al. 2017). V mapě na obrázku 5 jsou uvedeny počty dle



Obr. 5: Areál levharta sněžného a počty jedinců v jednotlivých státech

Zdroj: vlastní zpracování dle DNPWC 2017, IUCN a Natural Earth

Akčního plánu pro ochranu levharta sněžného v Nepálu, přičemž jsou použity hodnoty odpovídající průměru odhadovaného intervalu počtu jedinců v jednotlivých státech (DNPWC 2017).

3.1 Mezinárodní ochrana

V Červeném seznamu ohrožených druhů Mezinárodního svazu ochrany přírody (IUCN) je zařazen do kategorie *zranitelný* (VU) dle kritéria C1, kam byl přeřazen v roce 2016 z vyšší kategorie *ohrožený* (EN). Kritérium C1 značí méně než 10 000 dospělých jedinců a očekávaný pokračující pokles o více než 10 % v příštích třech generacích (tj. 23 let). Přeřazení do nižší kategorie ohrožení nicméně v tomto případě není důsledkem zlepšení stavu populace nebo optimističtějších výsledků modelování jejího vývoje do budoucna, ale při revizi posouzení z roku 2008 bylo zjištěno, že byl použit nesprávný odhad počtu jedinců a že již tehdy měl být levhart sněžný zařazen do kategorie *zranitelný* (McCarthy et al. 2017).

Levhart sněžný je uveden v příloze 1 smlouvy CITES, kde jsou zahrnuty druhy ohrožené vyhynutím a obchodování s nimi je povoleno pouze za výjimečných okolností. Týká se jak živých zvířat, tak i částí těl a výrobků z nich. Kontrolován je přeshraniční pohyb jedinců a produktů, import je povolen pouze pro primárně nekomerční účely. K úmluvě CITES přistoupily všechny státy, na jejichž území se levhart sněžný vyskytuje. Nepál smlouvu přijal již rok po jejím vzniku v roce 1975, jako poslední smlouvu podepsal Tádžikistán v roce 2016 (CITES).

V říjnu roku 2013 byla sepsána Biškekská deklarace. Jedná se o společné dílo všech států, na jejichž území zasahuje areál levharta sněžného. Cílem je do roku 2020 vymezit a zabezpečit minimálně 20 oblastí se stabilní populací levharta, tzv. „*snow leopard landscapes*“. Ty jsou definovány jako území, kde se vyskytuje alespoň 100 jedinců v reprodukčním věku, dostatečné množství potenciální kořisti, a které jsou funkčně propojeny mezi sebou. V březnu 2015 byl cíl zvýšen na vymezení minimálně 23 takových oblastí. Na základě této deklarace byl také 23. říjen vyhlášen „Mezinárodním dnem sněžného levharta“, jehož účelem je zvýšit povědomí o ohrožení levharta a poukázat na význam mezinárodní ochrany tohoto druhu (DNPWC 2017).

Bylo založeno také několik mezinárodních organizací, které se zabývají ochranou sněžného levharta. Jejich činnost spočívá především ve zprostředkovávání spolupráce a výměny informací mezi vládami, místními obyvateli a vědci, dále pak v podpoře vědeckého výzkumu a podílení se na plánování ochranných opatření. Mezi tyto organizace patří například Snow Leopard Network, Snow Leopard Trust, Snow Leopard Conservancy nebo Global Snow Leopard & Ecosystem Protection Program. V neposlední řadě se ochraně sněžného levharta věnuje také Světový fond na ochranu přírody (WWF).

3.2 Hlavní hrozby

Levhart sněžný je ve svém areálu vrcholovým predátorem a nemá přirozeného nepřítele. Je však ohrožován člověkem, a to jak přímo, tak i následkem jiných lidských aktivit. Největšími přímými hrozbami jsou odvetný lov ze strany místních obyvatel v reakci na zabíjení dobytka, lov pro ilegální obchod s kožešinami, kostmi a jinými částmi těl, odchyt živých zvířat do sbírek, tradiční lov a sekundární trávení, které není cíleno primárně na levharty, ale na jiné šelmy, například vlky. Dle odhadů je každoročně usmrceno či odchyceno 221 – 450 levhartů, z čehož je objasněno zhruba 38 % případů (Nowell et al. 2016).

	Afgánistán	Bhútán	Čína	Indie	Kazachstán	Kyrgyzstán	Mongolsko	Nepál	Pákistán	Rusko	Tádžikistán	Uzbekistán	průměr
odvetný lov	13	6	10	8	12	6	11	12	14	8	8	8	9,7
lov pro ilegální obchod	9	6	8	6	11	15	6	9	12	10	11	9	9,3
odchyt živých zvířat	0	0	0	0	3	2	0	6	0	0	3	5	1,6
tradiční lov	0	3	3	0	6	0	4	3	0	0	1	9	2,4
sekundární trávení	3	7	6	6	10	9	7	9	6	14	4	0	6,8
průměr za stát	5	4,4	5,4	4	8,4	6,4	5,6	7,8	6,4	6,4	5,4	6,2	

Tab. 1: Závažnost hrozeb pro levharta sněžného v zemích výskytu

Zdroj: Nowell et al. 2016

V tabulce 1 je uvedena závažnost výše zmíněných hrozeb v jednotlivých státech v areálu levharta sněžného. Jako nejzávažnější jsou hodnoceny odvetný lov a lov pro ilegální obchod, který je velmi rozvinutý navzdory smlouvě CITES platné

ve všech dotčených státech (Jackson et al. 2014, Nowell et al. 2016). Ilegální obchod je usnadněn stále se zlepšující dostupností odlehlých oblastí a korupčním prostředím v mnoha státech. Stále častěji je provozován dobře organizovanými mezinárodními gangy, které vedle živočišných produktů obchodují i se zbraněmi a drogami (Jackson et al. 2014, DNPWC 2017). Specifická situace je v Rusku, kde je velký problém s neúmyslným trávením sněžných levhartů. Zprůměrují-li se hodnoty závažnosti hrozeb v jednotlivých státech, nejhůře ze srovnání vychází Kazachstán a Nepál (Nowell et al. 2016).

Další riziko pro populace levharta sněžného představuje úbytek přirozené kořisti. Jeho hlavní potravou jsou horští sudokopytníci, například nahur modrý (*Pseudois nayaur*) a tahr himálajský (*Hemitragus jemlahicus*). Ti jsou vytlačováni ze svých stanovišť rozvíjejícím se pastevectvím, jsou také loveni místními obyvateli a zabíjeni pasteveckými psy. Jejich úbytek vede mimo jiné k zvýšení podílu dobytka v potravě levharta, který dosahuje průměrně 15 – 30 %, v určitých oblastech však až 70 %, a tím k zintenzivnění jeho konfliktu s člověkem. Závažný problém představuje také ztráta a degradace habitatu. Nadměrné spásání pastvin dobyt看em, živelná výstavba infrastruktury a intenzivní sběr léčivých rostlin ohrožují citlivá alpinská a subalpínská společenstva (DNPWC 2017). V areálu levharta sněžného se také nacházejí dosud nevyužívaná četná ložiska nerostných surovin a vhodné lokality pro výstavbu přehrad. Kvůli stále citelnějšímu nedostatku vody v hustě osídlených nížinách podél dolních toků řek pramenících ve středoasijských velehorách a zároveň jejich velkému energetickému potenciálu je připravováno mnoho projektů na stavbu hydroelektráren v horských oblastech (Jackson et al. 2014).

Levhart sněžný bude v blízké budoucnosti ovlivněn i globálními klimatickými změnami. V oblasti jižní Asie a Tibetu je do konce 21. století předpovídáno oteplení o 3 – 4 °C a zvýšení ročního úhrnu srážek v porovnání s koncem 20. století. Zvláště zranitelné horské ekosystémy budou těmito změnami zasaženy nejsilněji. Vlivem posunu altitudinálních vegetačních pásem směrem vzhůru dojde k poklesu rozlohy přírodních travnatých společenstev, která budou nahrazena lesními porosty. Ve výsledku je tak očekávána ztráta až 30 % habitatu levharta sněžného a fragmentace jeho zbylých částí (DNPWC 2017).

3.3 Ochranná opatření

Levhart sněžný je chráněn státními zákony ve všech zemích svého výskytu. Jejich aplikace v praxi je však poněkud problematická hned z několika důvodů. V zákonech jsou často legislativní mezery umožňující jejich obcházení, není dostatečně kontrolováno jejich dodržování a sankce za porušení jsou v mnoha případech příliš nízké (Jackson et al. 2014). Dostatečně účinné zákony byly přijaty pouze v Nepálu a Kazachstánu, naopak nejhůře je v tomto směru hodnoceno Rusko, Kyrgyzstán, Afghánistán a Uzbekistán (SLWS 2013). Složitá politická a ekonomická situace v několika dotčených státech rovněž ztěžuje vymáhání platnosti zákonů. Zde je nejlepší situace v Bhútánu, Nepálu a Číně, ve všech ostatních zemích je toto považováno za vážný nedostatek. Problém představuje také nedostatek odborníků v ochraně přírody na všech úrovních od politiků až po terénní pracovníky (SLWS 2013, Jackson et al. 2014). Při ochraně levharta sněžného je nezbytná přeshraniční spolupráce sousedících států, protože až třetina jeho areálu leží ve vzdálenosti méně než 100 km od státních hranic (SLWS 2013). V devíti státech byly sestaveny akční plány navrhuující ochranná opatření pro levharta sněžného na národní úrovni, které jsou průběžně aktualizovány (Jackson et al. 2014).

3.3.1 Spolupráce s místními obyvateli

Většina navrhovaných opatření je založena na zlepšení spolupráce s místními obyvateli, kteří by se měli sami významně podílet na ochraně levharta. Je tudíž kladen důraz na osvětové programy a vzdělávání obyvatel, aby se změnil jejich pohled na levharta ze škůdce na cennou součást ekosystému i celkový přístup k přírodě, jejím hodnotám a ochraně (Snow Leopard Conservancy). Cílem osvěty je také naučit místní obyvatele ekonomicky využívat tamní unikátní přírodu, a to trvale udržitelným způsobem. Je podporován rozvoj ekoturismu, exkurzí vedených domácími průvodci a doplňkových aktivit, jako například prodej domácích výrobků a výpěstků. Základní myšlenkou je nabídnout obyvatelům těchto vesměs chudých regionů alternativní zdroj příjmů, aby byli ochotni přehlédnout občasné škody způsobené levhartem. Tento program funguje například v indickém regionu Ladakh a participujícím obyvatelům přináší roční zisk 750 – 1 000 USD (SLWS 2013). Pro srovnání hrubý národní produkt Indie přepočtený na obyvatele v roce 2016 činil 1 680 USD (*GNI per capita, Atlas method*). Mnoho pozornosti je věnováno konfliktu místních obyvatel s levhartem, především v důsledku predace hospodářských

zvířat. Největší rozhořčení způsobují ojedinělé události, kdy levhart usmrtí velké množství zvířat najednou. K zlepšení situace by měl přispět program finančních kompenzací vzniklých škod a podpora výstavby zabezpečených ohrad pro přenocování dobytka, tzv. *corralů* (Jackson et al. 2014). Z lokalit v Nepálu, Pákistánu, Indii, Afghánistánu a Rusku, kde již byly zabezpečené ohrady vybudovány, nejsou hlášeny žádné další případy napadání dobytka v ohradách, které předtím tvořily i více než polovinu ztrát, a díky tomu došlo i k zlepšení vnímání levharta místními obyvateli (SLWS 2013).



Obr. 6: Příklad zabezpečené ohrady pro dobytek

Zdroj: www.snowleopard.org

Je také podporováno očkování hospodářských zvířat, protože úhyn vlivem nemocí 3 – 5krát převyšuje počet zvířat zabitých levhartem. V Pákistánu již byly naočkovány desítky tisíc ovcí a koz. Výsledkem je výrazný pokles mortality, zvýšené příjmy pastevců a jejich zvýšená tolerance vůči sněžným levhartům. Navíc je sníženo riziko přenosu nemocí na divoké kopytníky tvořící jejich přirozenou kořist (SLWS 2013).

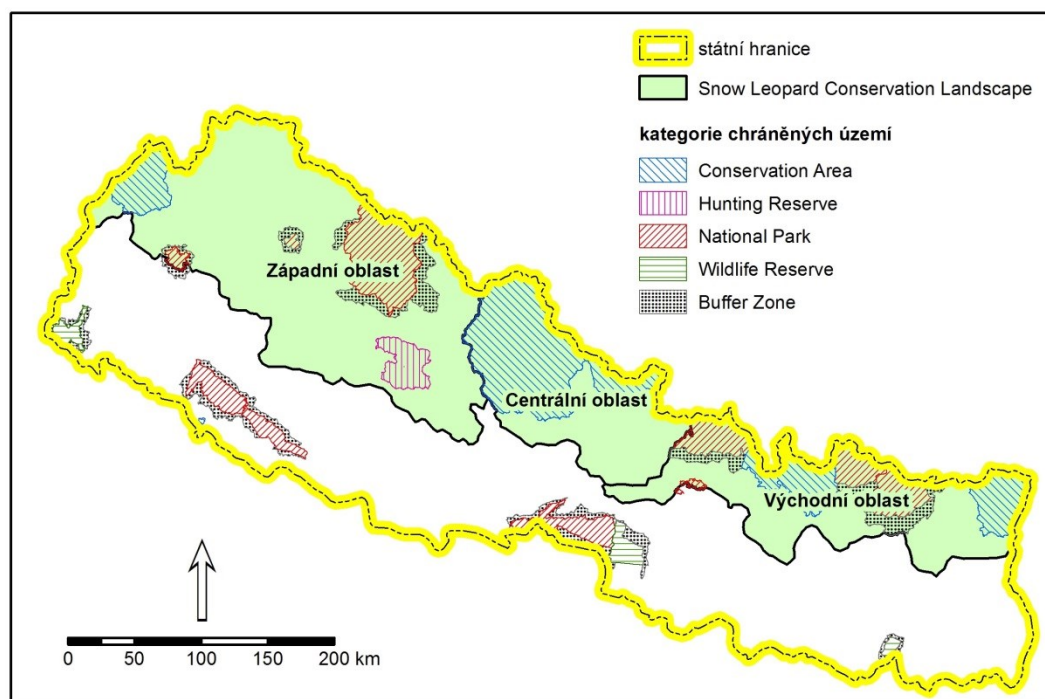
3.3.2 Boj s pytláctvím

Další opatření jsou zaměřena na omezení ilegálního lovu a obchodu. Pro vymýcení nelegálního obchodu je nutné zaplnit mezery v zákonech a stanovit patřičně tvrdé tresty odrazující od této činnosti (Jackson et al. 2014). Například v Kazachstánu pokuta za usmrcení levharta v roce 2013 činila téměř 23 000 USD, avšak na černém trhu může cena za jednu levhartí kůži tamtéž dosáhnout i více než dvojnásobné hodnoty (SLWS 2013, Nowell et al. 2016). V Nepálu může být za pytláctví udělen trest 5 – 15 let odnětí svobody, v Indii až sedm let. Peněžní tresty jsou v těchto zemích spíše symbolické, činí 1300, respektive pouze 400 USD

(Jackson et al. 2014). Nejprísnejší postihy za pytláctví a ilegální obchod hrozí v Číně, kde může být v krajním případě udělen až doživotní trest odnětí svobody. V několika zemích (Afgánistán, Kyrgyzstán, Mongolsko, Rusko) byly pro posílení prevence založeny zvláštní týmy strážců patrolujících v terénu a zneškodňujících nastražené pasti (SLWS 2013). V Rusku byli na tyto pozice mimo jiné úspěšně zaměstnáni také bývalí pytláci (McCarthy et al. 2017).

3.4 Stav populací

Pro přesné posouzení dlouhodobého vývoje populace levharta sněžného v globálním měřítku neexistuje dostatek dat z důvodu obtížného monitoringu. Celkový trend je pouze odhadován na základě dílčích studií, a je hodnocen jako klesající s očekávaným poklesem velikosti populace o 10 % v příštích 23 letech (3 generace levharta sněžného). Na úrovni lokálních populací jsou pozorované určité rozdíly ve vývoji. Některé populace jsou stabilní či dokonce mírně vzrůstající, jinde došlo k významnému poklesu a místním extinkcím. Zvláště negativní situace byla v devadesátých letech dvacátého století v postsovětských zemích, kde v důsledku nekontrolovaného lovu došlo k redukci velikosti populací o 40 – 75 % (McCarthy et al. 2017).



Obr. 7: Chráněná území a oblasti výskytu levharta sněžného v Nepálu

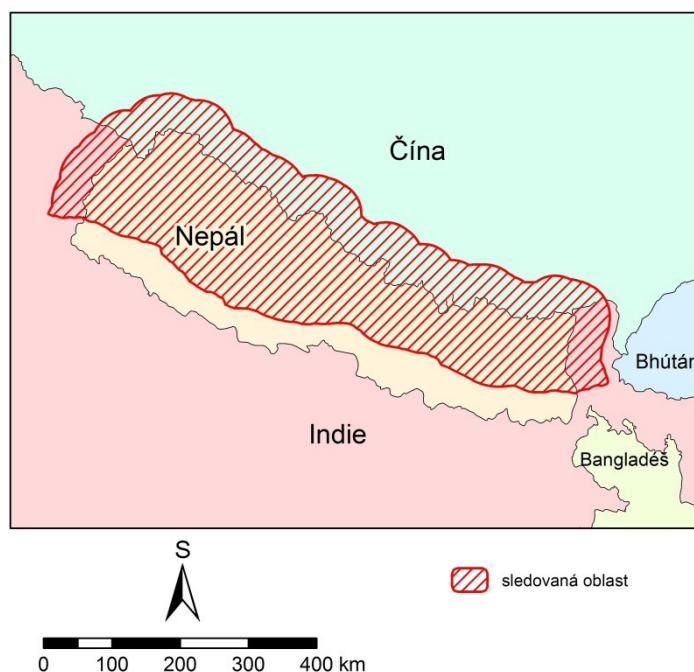
Zdroj: vlastní zpracování dle DNPWC 2017 a Protected Planet

Areál sněžného levharta je v Nepálu rozčleněn do třech oblastí – východní, centrální a západní (obr. 7). Ačkoli v rozloze potenciálního vhodného habitatu se příliš neliší, v odhadovaných velikostech populací jsou velké rozdíly. V tomto ohledu zcela dominuje západní oblast, kde průměrný odhad počtu levhartů činí 319 z celkových nepálských 358 jedinců, tedy 89 %. V centrální části je proti tomu odhadováno pouhých 17 (5 %) a ve východní 22 (6 %) jedinců. Celkově nepálská populace tvoří přibližně 15 % celosvětové populace levharta sněžného (DNPWC 2017).

4. Metodika

4.1 Zájmové území

Hlavní oblastí studia této práce je území Nepálu. Jeho politické hranice však byly upraveny tak, aby oblast byla co nejvhodnější pro provedení analýzy habitatových nároků levharta sněžného a konektivity krajiny. Jelikož má na přesnost výsledků habitatového modelu vliv amplituda parametrů popisujících prostředí, byly z analýzy vyňaty nížinné oblasti na jihu Nepálu (Terai), kde nebyl předpokládán vhodný habitat pro levharta sněžného. Jako jednoznačně definovaná jižní hranice sledované oblasti byl proto zvolen Velký hraniční zlom, jehož poloha tomuto účelu vyhovuje. Naopak na severu, východě a západě byla oblast zvětšena o 50kilometrovou obalovou zónu kolem státní hranice Nepálu. Důvody k tomuto kroku byly dva. Prvním důvodem byla hypotéza, že některé důležité migrační trasy mezi lokalitami uvnitř Nepálu mohou vést přes přilehlou oblast Tibetu. Druhým důvodem byla nutnost ověřit, zda se v příhraničních oblastech okolních států nenalézají významné plochy vhodného habitatu, které by mohly mít pozitivní vliv na nepálské populace levharta. Takto upravené hranice Nepálu napomohly k přesnějším výsledkům analýzy a jejich lepší interpretaci. Výsledná podoba zájmového území je znázorněna na obrázku 8.

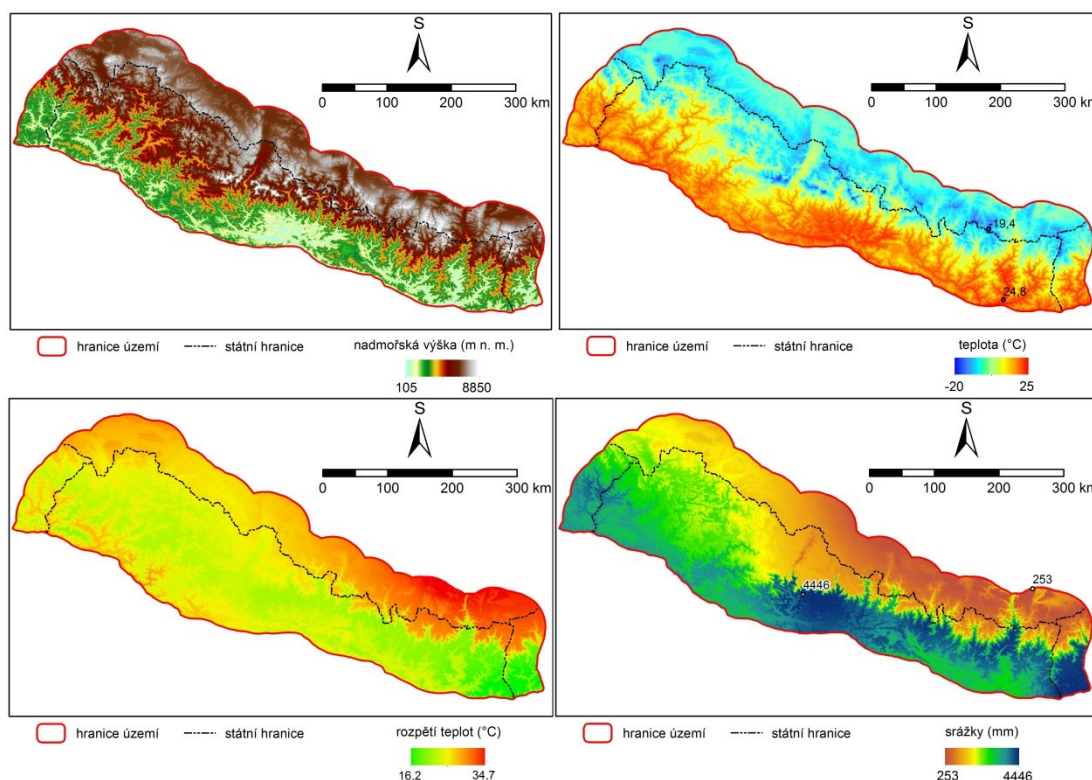


Obr. 8: Vymezení zájmového území

4.2 Použitá data

Volba vstupních dat má zásadní vliv na přesnost výsledků habitatového modelu. Problematikou jejich správného výběru se zabývá například Bucklin et al. (2015) a Elith a Leathwick (2009). K popisu podmínek prostředí ovlivňujících výskyt sněžného levharta ve sledované oblasti byla použita následující data:

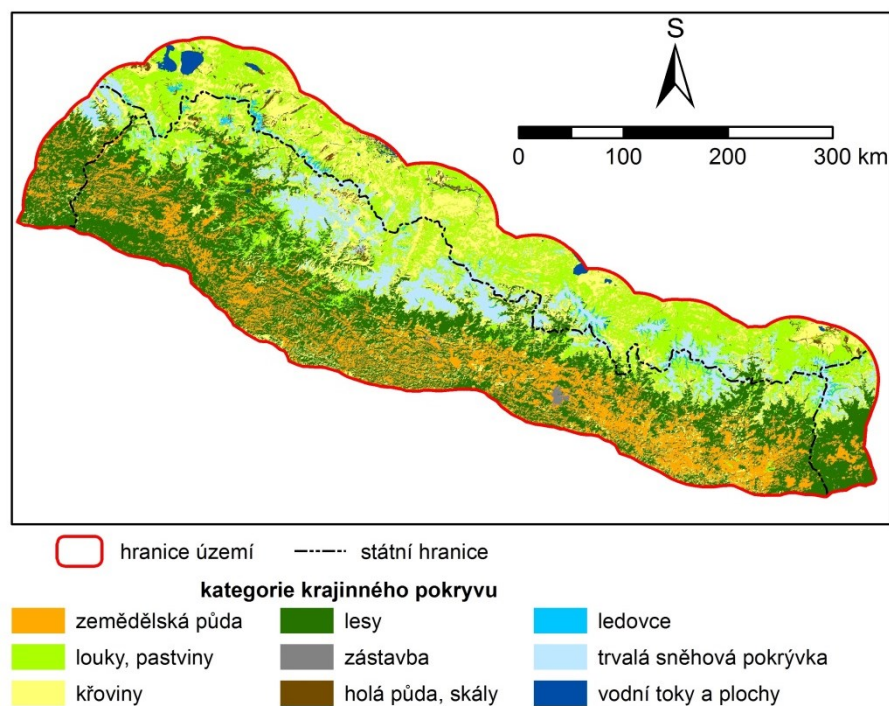
1) Reliéf: Pro zachycení nadmořské výšky byl využit digitální model reliéfu SRTM s prostorovým rozlišením 1 úhlové vteřiny (přibližně 30 m). Z něj byl také odvozen rastr *vector ruggedness measure* sloužící k charakterizování členitosti terénu. Tato veličina sleduje změnu orientace jednotkového vektoru kolmého k povrchu ve zvoleném okolí. Hodnota tohoto indexu je nízká na rovinách a přímých svazích, naopak vysoká v blízkosti hřbetnic, údolnic a v zakřivených a členitých částech svahů (Sappington et al. 2007). Z digitálního modelu reliéfu byla také vypočtena hodnota ročního příkonu slunečního záření, která reprezentuje míru tepelného požitku. Hypsometrická mapa ve větším měřítku je uvedena v příloze 1.



Obr. 9: Mapy nadmořských výšek, průměrné roční teploty, teplotního rozpětí a průměrných ročních srážek v oblasti

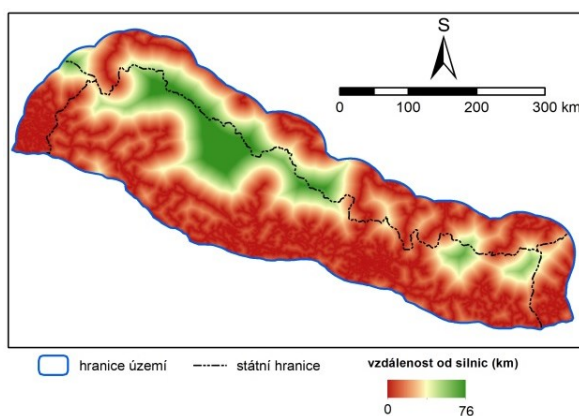
2) Klima: K popisu klimatu byla použita data z databáze WorldClim s prostorovým rozlišením 30 úhlových vteřin (cca 1 km). Konkrétně se jedná o průměrnou roční teplotu, průměrné roční srážky a rozpětí teplot.

3) Krajinný pokryv: Krajinný pokryv byl popsán pomocí polygonové vrstvy pocházející z FAO Global Land Cover Network. Data byla pořizována v měřítku 1 : 350 000. Výchozích 34 kategorií bylo sloučeno do 9 hlavních tříd. Mapa krajinného pokryvu ve větším rozlišení je uvedena v příloze 2.



Obr. 10: Mapa krajinného pokryvu v oblasti

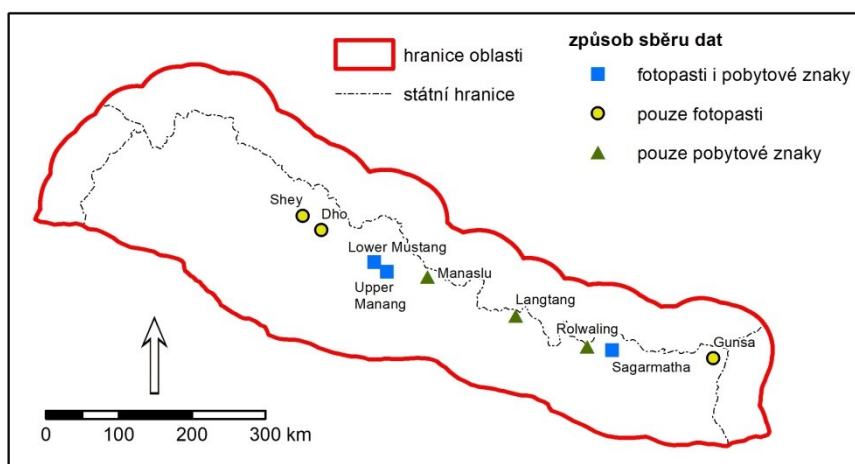
4) Antropogenní vliv: Pro zahrnutí vlivu člověka v habitatovém modelu byl vytvořen rastr vzdálenosti od silnic. K jeho odvození byla využita data



Obr. 11: Mapa vzdálenosti od silniční sítě

OpenStreetMap. Z nich byly vybrány silnice podle hodnoty atributu "*type*" *motorway, primary, secondary, tertiary* nebo *trunk*.

Nálezová data zachycující výskyt levharta sněžného pocházejí z práce Bikrama Shresty, doktoranda Ústavu životního prostředí PŘF UK. Jedná se celkem o 628 záznamů z 482 lokalit v několika oblastech, zobrazených v mapě na obrázku 12. Sběr dat probíhal v průběhu let 2006 – 2016. Byly využity snímky z fotopastí i dokumentace pobytových znaků nalezených během terénních průzkumů. Nejvíce záznamů bylo pořízeno v oblasti Sagarmatha (230), Upper Manang (170) a Lower Mustang (98). Vybrané nálezy byly podrobeny analýze DNA k zjištění míry příbuznosti jedinců.



Obr. 12: Mapa oblastí, kde byl sledován výskyt levharta sněžného

4.3 Postup modelování

Analýza habitatových nároků levharta sněžného byla provedena v programu MaxEnt 3.3.3k. Sadu vstupních dat tvořilo 8 proměnných uvedených v kapitole 4.2 ve formátu ASCII, převzorkovaných na prostorové rozlišení 100 m, a 482 bodů reprezentujících výskyt levharta sněžného ve formátu csv. Z nich bylo vybráno náhodně 25 % záznamů jako testovací množina pro verifikaci modelu. Výsledný rastr byl přeškálován na rozpětí 0 – 100, čímž byl vytvořen index vhodnosti habitatu (*HSI, habitat suitability index*). Z něj byl odečtením hodnot HSI od čísla 100 vytvořen rastr rezistence pro modely konektivity. Dále byly definovány jádrové oblasti jako souvislé plochy s percentilem hodnot HSI vyšším než 98 o rozloze větší než 10 km².

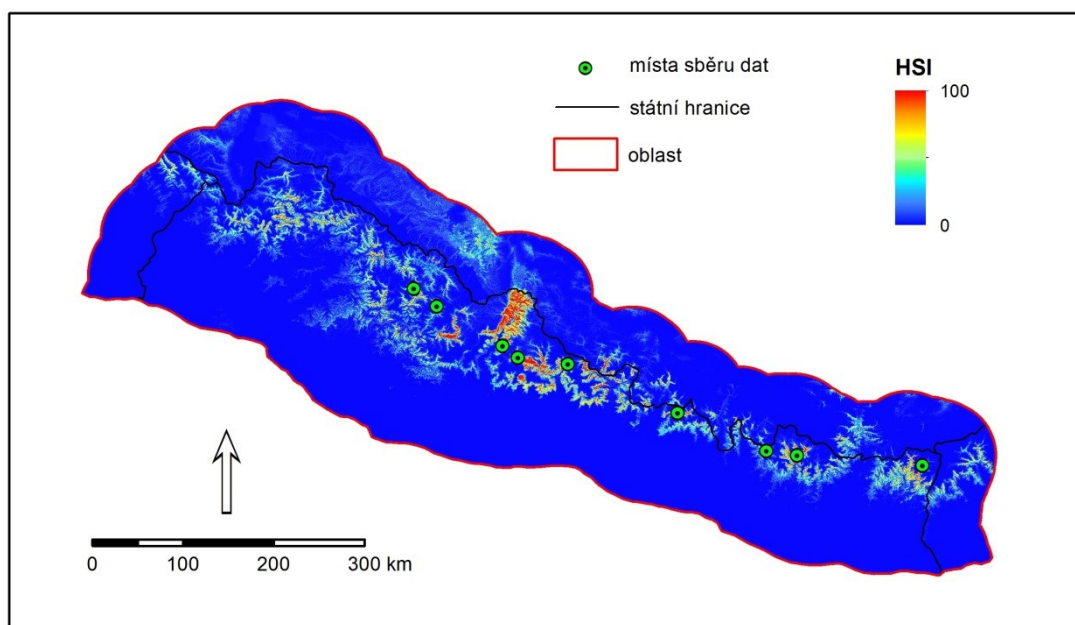
Oblastí splňujících zadaná kritéria bylo vymezeno celkem 37. Jádrové oblasti a rastr rezistence byly použity v programech Circuitscape 4.0.5 a Linkage Mapper 1.1.0 pro analýzu konektivity krajiny.

Pro posouzení změn habitatových preferencí mezi letním a zimním obdobím byly v programu MaxEnt vytvořeny dva samostatné modely se shodnými vstupními daty popisujícími prostředí. Oblast byla omezena na střední Nepál z důvodu nedostupnosti nálezových dat z ostatních částí území, u nichž by byl uveden měsíc, v kterém byl záznam pořízen. Celkem bylo do modelu použito 47 letních a 43 zimních záznamů. Z nich bylo opět náhodně vybráno 25 % bodů jako testovací množina pro verifikaci. Jádrové oblasti byly definovány stejným způsobem jako u celkového modelu a následně byly porovnávány jejich vlastnosti.

5. Analýza konektivity krajiny Nepálu z pohledu levharta sněžného

5.1 Habitatové nároky

Pro posouzení habitatových nároků a identifikaci nejvhodnějších oblastí pro výskyt levharta sněžného v Nepálu byl použit model MaxEnt. Byly použity environmentální proměnné popisující nadmořskou výšku, roční příkon slunečního záření, vector ruggedness measure, průměrnou roční teplotu, teplotní rozpětí, průměrné roční srážky, krajinný pokryv a vzdálenost od silniční sítě. Nejdůležitějšími faktory jsou nadmořská výška a průměrná roční teplota, které mají na vysvětlení potenciální distribuce podíl 27,1 a 25 %. Naopak rozpětí teplot a *vector ruggedness measure* k výsledku přispívají méně než jedním procentem.



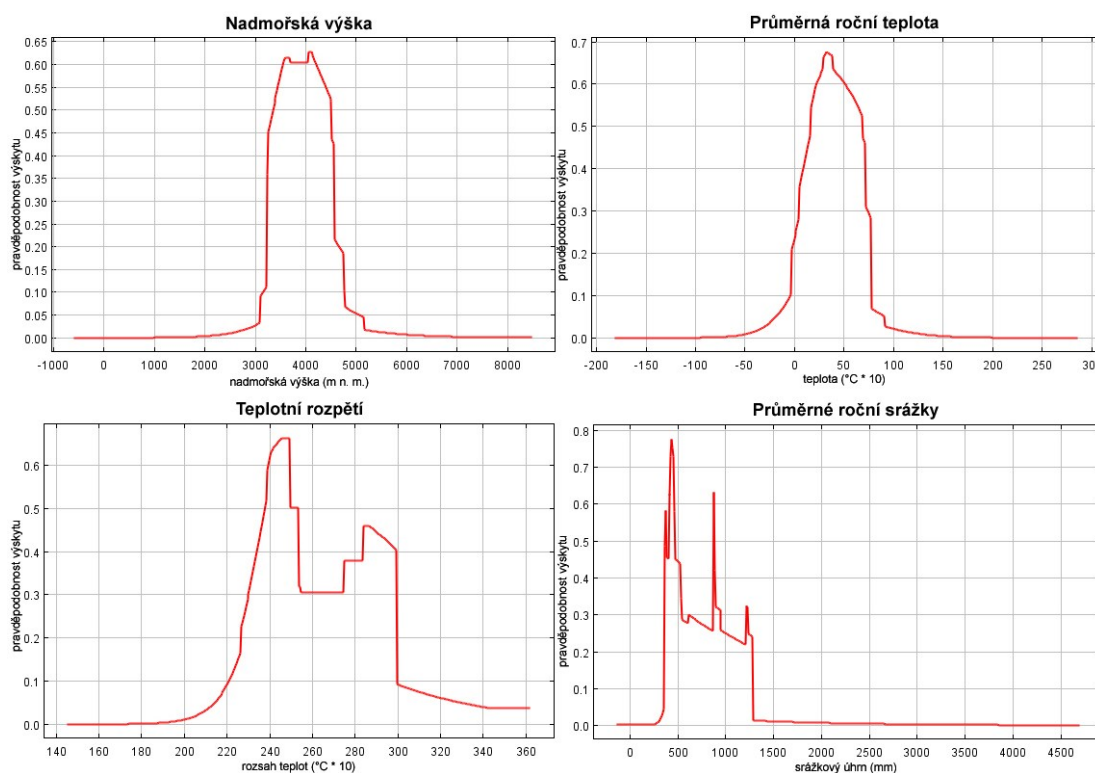
Obr: 13: Mapa indexu HSI pro levharta sněžného

Na mapě zobrazující výsledný index vhodnosti habitatu (HSI) je zřetelný relativně úzký souvislý pás vhodného habitatu, který se rozkládá na jižním úbočí Himálaje. Nejrozsáhlejší plochy s vysokým HSI se nacházejí v centrální části, zejména v oblasti Mustang. Zatímco ve východní části má vhodný habitat podobu relativně úzkého pásu, v západní části je rozprostřen do větší plochy. Mapa HSI ve větším měřítku je obsažena v příloze 3.

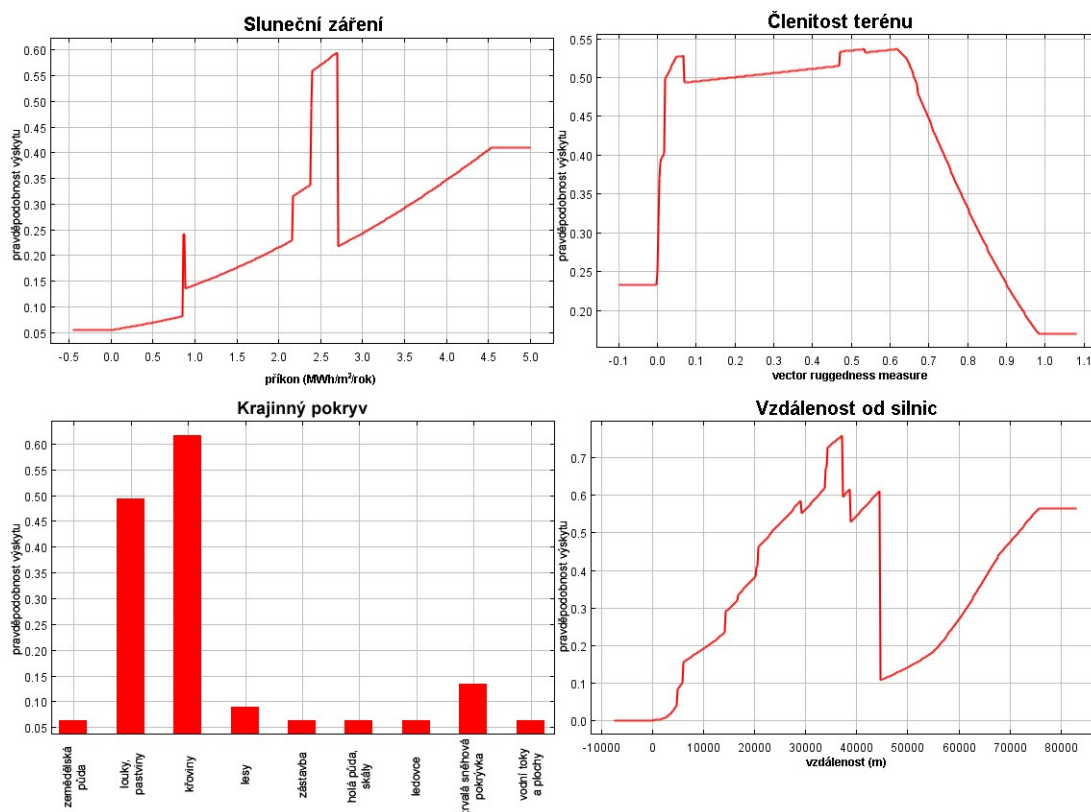
rozloha	1591,66 km ²	
dominantní kategorie krajinného pokryvu	křoviny	50,2 %
	louky, pastviny	41,0 %
	trvalá sněhová pokrývka	3,7 %
	lesy	2,9 %
	medián	průměr ± směrodatná odchylka
nadmořská výška	4037 m n. m.	3661 - 4382 m n. m.
průměrná roční teplota	3,5 °C	1,5 - 5,5 °C
rozpětí teplot	24,6 °C	23,5 - 26,2 °C
průměrné roční srážky	426 mm	331 - 629 mm
příkon slunečního záření	2526 kWh/m ² /rok	1982 - 2805 kWh/m ² /rok
vector ruggedness measure	0,118	0,008 - 0,365
vzdálenost od silnic	32,5 km	20,9 - 40,4 km

Tab. 2: Charakteristika nejvhodnějších oblastí pro výskyt levharta sněžného

Jádrové oblasti celkem zaujímají plochu 1 592 km². Největší z nich se nachází v regionu Mustang ve středním Nepálu s rozlohou 469 km². Z analýzy habitatových nároků vyplývá, že nejvhodnější oblasti pro výskyt levharta sněžného leží v nadmořských výškách okolo 4 000 m n. m s relativně chladným a suchým klimatem. Typický krajinný pokryv vhodného habitatu je tvořen travnatými a křovinatými porosty. Levhart vyhledává spíše osluněnější části svahů. Závislost na



Obr. 14: Odpovědní křivky na jednotlivé environmentální proměnné



Obr. 15: Odpovědní křivky na jednotlivé environmentální proměnné

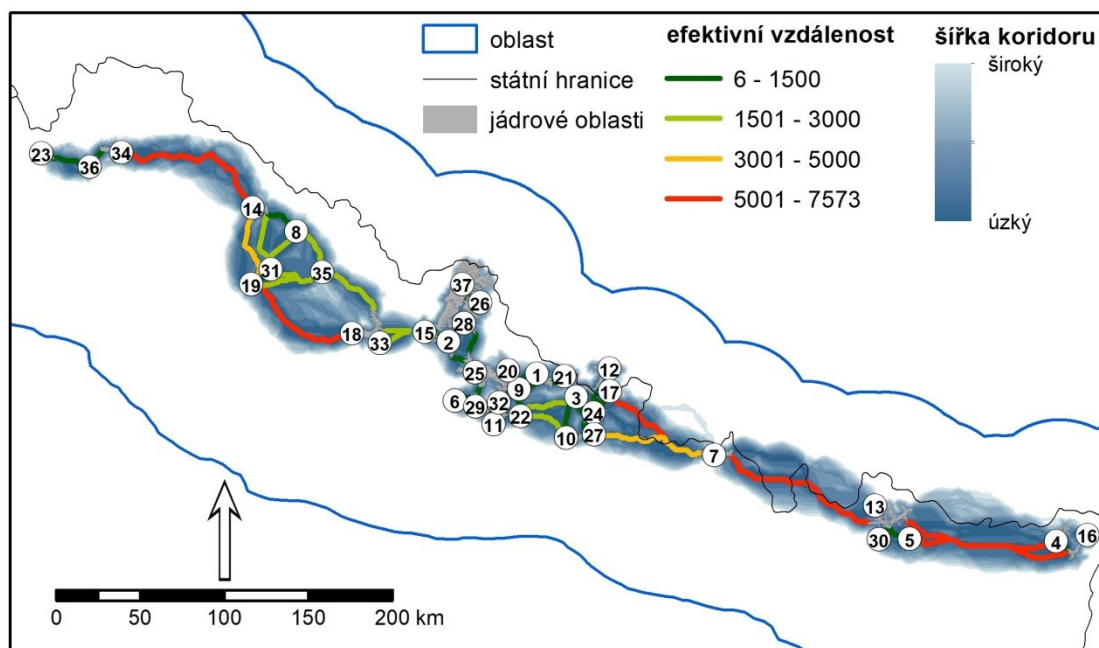
členitosti reliéfu je slabá, neboť do intervalu uvedeného v tabulce spadá 79,5 % rozlohy celé sledované oblasti. Typická vzdálenost od silniční sítě činí několik desítek kilometrů. V příslušném grafu na obrázku 15 je viditelné, že v malé vzdálenosti od silnic se pravděpodobnost výskytu levharta blíží nule, a v modelu se tedy silnice projevují jako bariéry pro pohyb levharta.

5.2 Model konektivity krajiny

Míra konektivity nepálské krajiny byla hodnocena dvěma alternativními přístupy, a sice metodou nejmenších nákladů a také s využitím teorie elektrického obvodu. Prvně jmenovaný model byl zpracován v programu Linkage Mapper, druhý v programu Circuitscape.

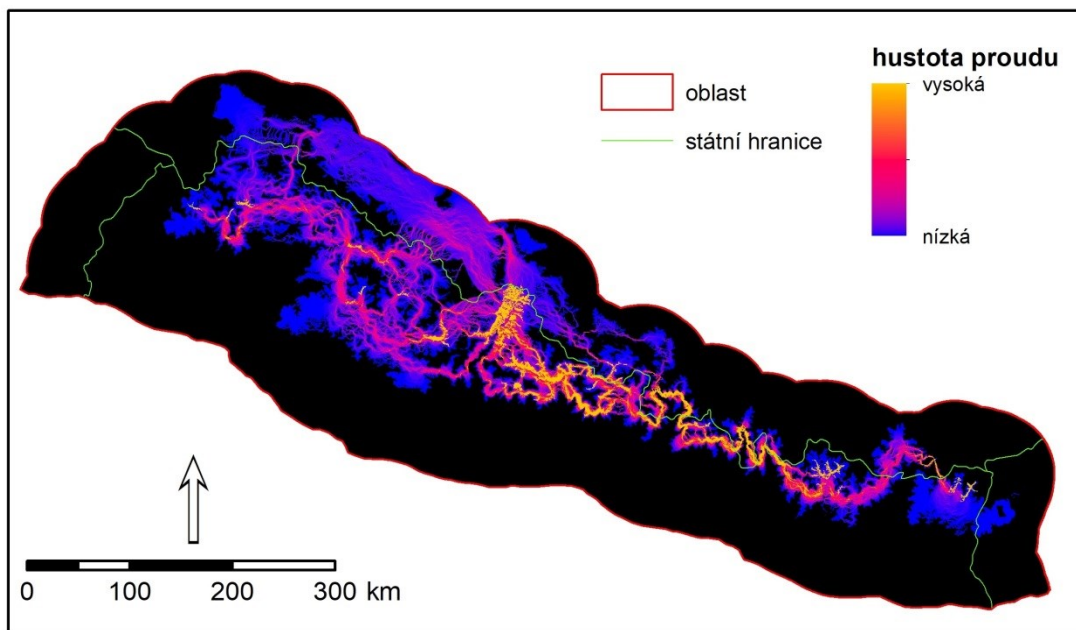
Výstupem z programu Linkage Mapper jsou cesty nejmenších nákladů (LCP) a koridory nejmenších nákladů (LCC) generované mezi sousedícími jádrovými oblastmi. Takových dvojic bylo hodnoceno celkem 61. Cesty nejmenších nákladů lze hodnotit podle efektivní vzdálenosti, tedy kumulované hodnoty nákladů.

Z výsledků vyplývá dobrá propojenost mezi jádrovými oblastmi ve středním Nepálu. Možnost migrace mezi středním a východním Nepálem je pouze omezená, jednotlivé cesty nejmenších nákladů jsou špatně prostupné (mají vysoký podíl nákladů k délce) a jádrové oblasti sloužící jako tzv. nášlapné kameny jsou od sebe značně vzdálené. Poněkud lepší situace je v případě spojení středního a západního Nepálu. Cesty zde mají lepší prostupnost a vzdálenosti mezi jednotlivými jádrovými oblastmi jsou menší. Mapa cest a koridorů nejmenších nákladů ve větším měřítku je uvedena v příloze 4.



Obr. 16: Mapa cest (LCP) a koridorů (LCC) nejmenších nákladů

Program Circuitscape generuje matici hodnot rezistenční vzdálenosti mezi každou dvojicí jádrových oblastí a celkovou mapu hustoty proudu, vyjadřující pravděpodobnost pohybu každým pixelem ve sledovaném území. V mapě na obrázku 17 je dobře patrný rozdíl v míře konektivity mezi západní a východní částí. V západní části existuje mezi jádrovými oblastmi velké množství alternativních tras, zatímco ve východní části je vymezen pouze jeden hlavní koridor, navíc s velmi vysokými hodnotami rezistenční vzdálenosti. Tato konfigurace je riziková s ohledem na jeho možné přerušení a zhroucení celého metapopulačního systému. Zvláště úzké hrdlo se nachází na cestě do nejvýchodnějších jádrových oblastí v národním parku Kanchanjunga. Západní část Nepálu se z tohoto pohledu jeví stabilněji. Také hodnoty rezistenční vzdálenosti mezi jádrovými oblastmi na západě území jsou nízké, což indikuje dobrou míru konektivity. Mapa hustoty proudu ve větším měřítku se nachází v příloze 5 a matice rezistenčních vzdáleností v příloze 6.



Obr. 17: Migrační koridory vyjádřené pomocí hustoty proudu

5.3 Migrační vzdálenosti

Jak již bylo uvedeno v textu výše, míru konektivity mezi dvěma libovolnými lokalitami v krajině lze popsat hned z několika pohledů. Jedním je prostá euklidovská vzdálenost, tedy vzdálenost „vzdušnou čarou“, druhým je délka cesty nejmenších nákladů, třetím efektivní vzdálenost a čtvrtým rezistenční vzdálenost. V tak členitém terénu, jako je prostředí nepálského Himálaje, nabývá na důležitosti i vzdálenost po reliéfu, čili zahrnutí třetího rozměru. O ten lze obohatit jak euklidovskou vzdálenost, tak délku cesty nejmenších nákladů. V tabulce 3 jsou zobrazeny všechny uvedené možnosti hodnocení. Zeleně a červeně jsou zvýrazněny vždy 3 nejnižší a 3 nejvyšší hodnoty každého parametru. Je zjevné, že v mnoha případech (například spojení 1_9, 3_22 nebo 17_21) narůstá vzdálenost počítaná po reliéfu, tedy ta, jak ji reálně vnímá i živočich pohybující se v krajině, vůči původní hodnotě i o desítky procent. Dle studie, kde byla využívána telemetrická data, levhart sněžný průměrně za jeden den urazí 5,1 km euklidovské vzdálenosti. Největší zaznamenaná euklidovská vzdálenost mezi dvěma následujícími denními záznamy činila 27,9 km. V průběhu výzkumu jeden sledovaný jedinec migroval do nového teritoria vzdáleného vzdušnou čarou cca 45 – 65 kilometrů napříč nepříliš vhodným habitatem, jakým byla otevřená step (McCarthy et al. 2005). I u jádrových oblastí vzdálených od sebe okolo 60 kilometrů vzdušnou čarou (například 7 a 27, 18

a 19) lze tedy předpokládat možnou výměnu jedinců, nicméně velmi záleží na kvalitě takového spojení. Zároveň z tohoto tvrzení ale nevyplývá, že migrace mezi ještě vzdálenějšími jádrovými oblastmi by byla vyloučena.

kód spojení	počáteční jádrové území	koncové jádrové území	euklidovská vzdálenost (km)	euklidovská vzdálenost po reliéfu (km)	délka LCP (km)	délka LCP po reliéfu (km)	efektivní vzdálenost	rezistenční vzdálenost (*10 ⁻³)	kód spojení	počáteční jádrové území	koncové jádrové území	euklidovská vzdálenost (km)	euklidovská vzdálenost po reliéfu (km)	délka LCP (km)	délka LCP po reliéfu (km)	efektivní vzdálenost	rezistenční vzdálenost (*10 ⁻³)
1_9	1	9	5,397	6,968	6,014	7,782	288,84	14,56	12_17	12	17	3,601	4,937	4,308	6,369	178,40	12,69
1_21	1	21	6,032	7,208	6,404	7,602	576,97	163,73	12_21	12	21	0,148	0,260	0,147	0,260	6,13	2,65
1_25	1	25	6,528	7,442	6,970	7,784	599,46	33,30	13_30	13	30	2,831	3,393	2,909	3,472	211,02	9,81
2_15	2	15	3,347	3,690	3,389	3,719	274,47	30,41	14_19	14	19	43,906	49,111	49,405	54,320	3150,89	153,79
2_25	2	25	6,999	7,777	7,488	8,252	686,70	116,12	14_31	14	31	29,556	33,785	34,282	37,288	2564,24	190,75
2_37	2	37	0,234	0,238	0,252	0,261	14,48	1,29	14_34	14	34	87,493	96,078	109,951	122,230	5727,59	357,61
3_10	3	10	18,434	21,937	20,998	24,513	1396,55	96,77	15_37	15	37	0,523	0,690	0,548	0,709	34,16	2,31
3_21	3	21	0,899	1,183	0,948	1,229	76,96	7,27	17_21	17	21	3,476	4,838	3,934	5,699	160,37	12,69
3_22	3	22	23,850	30,326	26,480	33,221	1867,82	219,78	17_24	17	24	6,646	8,221	7,932	9,565	432,01	47,76
3_24	3	24	7,772	10,221	7,915	10,378	703,98	41,09	18_19	18	19	65,559	74,436	79,140	88,947	5097,09	252,84
4_5	4	5	82,797	93,610	89,443	98,429	6504,17	7906,24	18_33	18	33	0,209	0,213	0,209	0,215	11,82	2,33
4_13	4	13	89,795	98,774	97,124	106,478	7334,37	7975,76	18_35	18	35	35,697	37,234	40,232	41,564	2673,66	214,53
4_16	4	16	4,504	4,996	5,354	5,906	271,75	10,36	18_37	18	37	15,816	16,982	16,177	17,479	1561,98	210,66
5_13	5	13	12,308	13,981	13,569	15,070	816,44	77,66	19_31	19	31	5,549	6,429	5,636	6,511	416,67	31,73
5_16	5	16	93,525	104,681	103,189	114,064	6972,94	7919,94	19_35	19	35	31,641	36,872	37,066	41,225	2461,49	170,14
5_30	5	30	11,335	13,470	13,161	14,786	779,55	73,63	20_25	20	25	0,148	0,430	0,147	0,430	7,86	1,26
6_29	6	29	4,203	5,362	4,355	5,363	363,30	67,68	21_24	21	24	9,546	11,071	11,606	13,639	595,60	38,27
7_13	7	13	97,591	110,710	108,776	121,158	7573,18	4907,91	22_25	22	25	11,931	13,214	13,280	14,550	553,13	24,58
7_17	7	17	71,412	83,977	81,165	92,531	4746,25	2480,61	22_32	22	32	1,922	2,036	2,080	2,171	127,73	7,03
7_24	7	24	71,312	81,776	86,700	98,883	5025,62	2502,41	23_36	23	36	20,474	23,231	24,093	26,572	1356,52	203,07
7_27	7	27	64,854	73,986	74,494	84,485	4820,51	2534,36	24_27	24	27	5,897	6,430	7,208	8,138	477,82	40,61
8_14	8	14	16,847	18,816	20,272	22,741	1163,66	80,50	25_29	25	29	3,937	4,588	4,171	4,833	353,35	80,05
8_31	8	31	20,446	24,784	21,874	25,407	1944,46	214,20	25_32	25	32	10,991	13,012	12,295	14,281	792,86	37,69
8_35	8	35	27,666	29,263	30,110	31,958	1976,12	151,23	25_37	25	37	10,485	11,489	11,390	12,047	998,53	116,44
9_22	9	22	8,597	9,637	10,731	11,942	500,18	22,90	26_28	26	28	0,234	0,373	0,252	0,388	13,95	0,99
9_25	9	25	0,209	0,217	0,209	0,217	12,67	1,52	26_37	26	37	0,843	0,897	0,879	0,933	56,47	1,43
10_22	10	22	30,177	34,200	34,712	39,335	2371,24	164,35	28_37	28	37	0,148	0,149	0,147	0,149	8,01	0,46
10_24	10	24	7,275	8,071	8,643	9,408	494,52	53,75	31_35	31	35	28,128	31,555	33,222	36,296	2264,63	196,01
10_27	10	27	2,414	2,873	2,577	3,029	139,13	16,50	33_37	33	37	14,596	16,285	15,664	17,293	1504,09	224,42
11_29	11	29	1,092	1,293	1,175	1,487	69,64	5,79	34_36	34	36	3,881	4,645	4,186	4,973	360,36	448,66
11_32	11	32	7,837	9,103	9,933	11,847	423,41	43,36									

Tab. 3: Různé způsoby vyjádření izolovanosti dvou lokalit

5.4 Změny habitatových nároků v průběhu roku

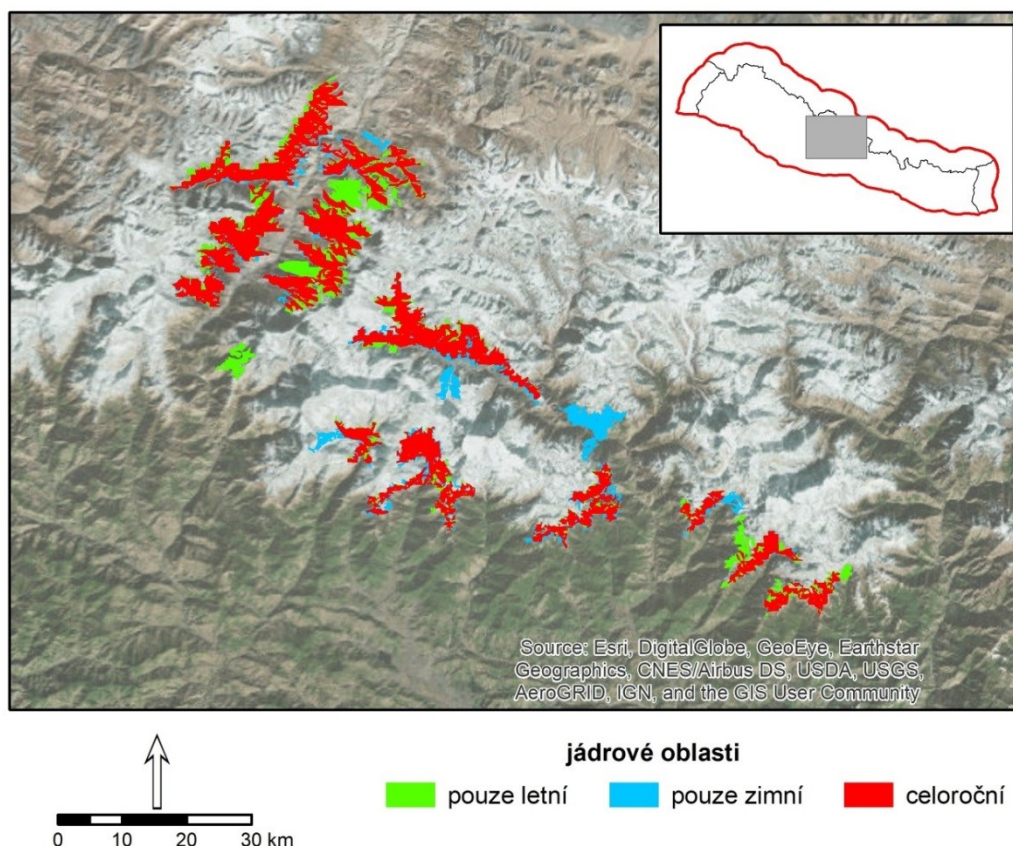
K zjištění změn habitatových nároků v průběhu roku byl využit program MaxEnt, ve kterém byly vytvořeny samostatné modely pro letní a zimní období. Byla využita stejná sada vstupních dat popisujících podmínky prostředí, pouze prostorový

rozsah analýzy byl z důvodu menšího počtu nálezových dat omezen na střední Nepál. V obou modelech jsou nejvýznamnějšími faktory průměrné roční srážky a teplotní rozpětí.

	podíl		
<i>kategorie krajinného pokryvu</i>	<i>léto</i>	<i>zima</i>	
louky, pastviny	36,4 %	33,8 %	
křoviny	58,8 %	54,7 %	
lesy	2,3 %	6,2 %	
ledovce	0,0 %	0,2 %	
trvalá sněhová pokrývka	2,5 %	5 %	
	průměrná hodnota		test shody
	<i>léto</i>	<i>zima</i>	<i>p-hodnota</i>
nadmořská výška	4 108 m n. m.	4 009 m n. m.	0
průměrná roční teplota	4,56 °C	4,84 °C	2,2*10 ⁻³⁹

Tab. 4: Změny habitatových nároků v průběhu roku

Bylo zjištěno, že levhart sněžný v zimním období sestupuje do nižších nadmořských výšek, kde je zároveň mírně vyšší průměrná roční teplota. Rozdíly jsou statisticky významné, avšak nepříliš výrazné. Změny se týkají také preferovaného krajinného pokryvu, kde je podíl lesních porostů v zimě téměř trojnásobný proti létu.

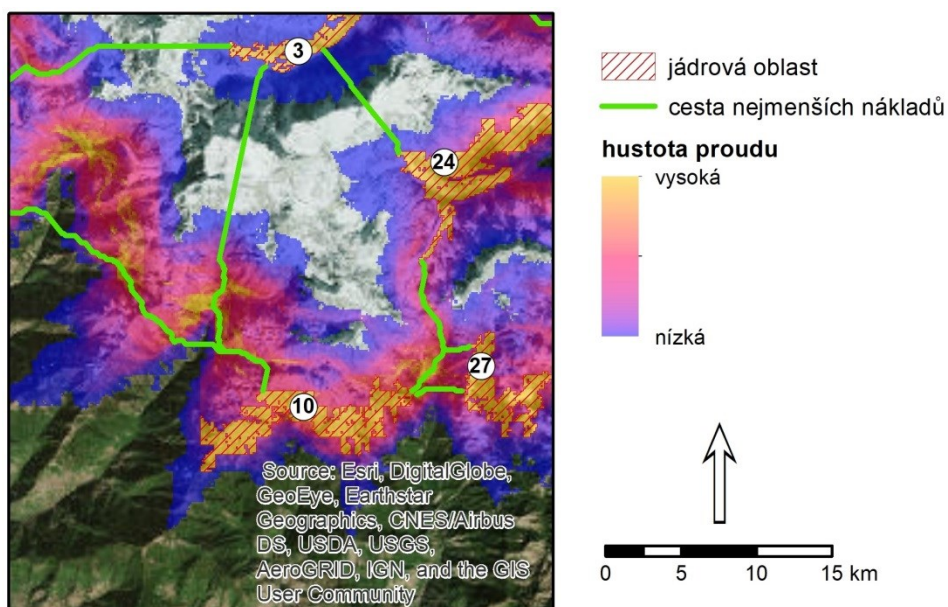


Obr. 18: Mapa změn rozložení jádrových oblastí v průběhu roku

6. Diskuze

Hlavními dosaženými výsledky této práce je analýza habitatových nároků levharta sněžného, mapa rozložení vhodného habitatu na území Nepálu a analýza konektivity nejvhodnějších oblastí pro jeho výskyt. Z těchto dosažených výsledků vyplývá, že nejrozsáhlejší plochy vhodných stanovišť se nacházejí v chráněné oblasti Annapurna ve středním Nepálu. Ideální habitat lze ve stručnosti charakterizovat jako krajinu v nadmořské výšce okolo 4 000 metrů s relativně chladným a suchým klimatem a travnatým nebo křovinatým vegetačním krytem. Zjištěné habitatové nároky se shodují s výsledky, které ve svých pracích uvádějí například Fox (1989) a Jackson et al. (2014).

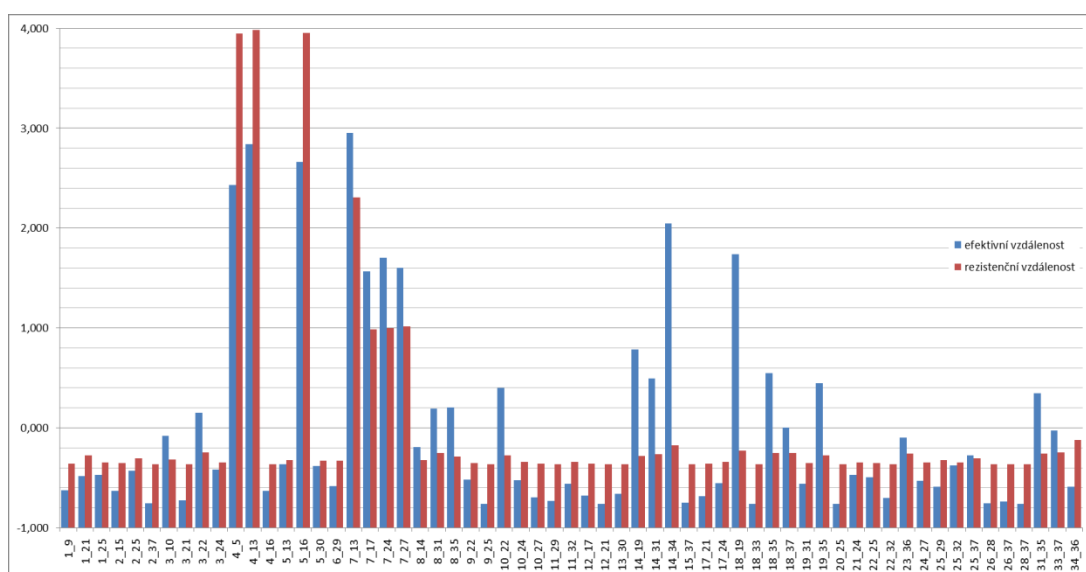
Možným zdrojem nejistoty v habitatovém modelu je nedostatek nálezových dat ze západní části Nepálu, kde jsou i vlivem slábnoucího působení monzunů odlišné přírodní podmínky než v dobře pokryté centrální a východní části. Z toho důvodu mohlo dojít k podhodnocení hodnoty indexu vhodnosti habitatu v této oblasti, která je v rámci Nepálu ostatními autory považována za nejvhodnější pro výskyt levharta sněžného (DNPWC 2017). Ve skutečnosti by tedy pravděpodobně měl index vhodnosti habitatu na tomto území nabývat celkově vyšších hodnot, ovšem základní rozložení potenciálně vhodného habitatu je v modelu zachyceno. Habitatový model prezentovaný v této práci udává v západním Nepálu na rozsáhlých plochách hodnotu HSI vyšší než 5, což lze považovat za obyvatelné prostředí, nicméně dle nastavených kritérií tato hodnota nedostačovala k vymezení více jádrových oblastí



Obr. 19: Rozdíly mezi cestami nejmenších nákladů a hustotou proudu

v tomto regionu. Analýza změn habitatových nároků v průběhu roku byla ovlivněna celkovým nedostatkem nálezových dat s určením sezony, což pravděpodobně mělo za následek určité zkreslení výsledků. Dosažené výsledky potvrzují očekávanou hypotézu, že levhart sněžný na zimu sestupuje do nižších poloh, ale pro hlubší poznání tohoto chování by byl nutný rozsáhlejší sběr dat a dlouhodobý monitoring jeho pohybu.

Porovnání výsledků hodnocení míry konektivity pomocí programů Linkage Mapper a Circuitscape přináší mnoho důležitých poznatků. Circuitscape ukazuje více různých alternativních tras a odhaduje i míru jejich využívání migrujícími jedinci. Proti tomu cesty nejmenších nákladů v mnoha případech vedou napříč zcela nevhodnými oblastmi tam, kde převládá vliv krátké vzdálenosti nad vysokou cenou za pohyb daným územím. Příklad takové situace je uveden na obrázku 19, kde cesta nejmenších nákladů mezi oblastmi 3 a 10 vede téměř přímo přes horský masiv Himal Chuli s nadmořskou výškou přes 7 800 m, naproti tomu hustota proudu je v těchto vrcholových partiích nulová. Efektivní vzdálenost je silně korelována s euklidovskou vzdáleností, Spearmanův korelační koeficient má hodnotu 0,989. Rezistenční vzdálenost je s euklidovskou korelována poněkud méně, korelační koeficient činí 0,903. Rezistenční vzdálenost tedy obsahuje více informací o vlastnostech krajiny. V několika případech se také hodnoty efektivní a rezistenční vzdálenosti zásadně odlišují. Konkrétně se v této analýze jedná především o míru konektivity mezi střední a západní částí Nepálu, tedy dvojicemi jádrových oblastí číslo 14, 34 a 18, 19. Zatímco Linkage Mapper předpokládá vysokou hodnotu



Obr. 20: Rozdíly mezi efektivní a rezistenční vzdáleností

efektivní vzdálenosti a velmi špatnou konektivitu, Circuitscape udává nízké hodnoty rezistenční vzdálenosti. Rozdíly jsou vykresleny v grafu na obrázku 20, kde jsou obě hodnoty standardizovány a je tedy možné jejich přímé porovnání. Oba modely se nicméně shodují ve špatném hodnocení konektivity mezi středním a východním Nepálem. Z výsledků jedné studie není možné vyvozovat obecné závěry o kvalitě obou metod, ale lze prohlásit, že v tomto případě dosahuje reálnějších výsledků program Circuitscape a využití teorie elektrického obvodu pro hodnocení konektivity krajiny.

Do chráněných území spadá celkem 91,2 % rozlohy jádrových oblastí. Vhodný habitat je tedy z hlediska územní ochrany chráněn dostatečně, pouze všechny tři jádrové oblasti v západní části Nepálu leží mimo jakákoli chráněná území. V tomto regionu by tedy bylo vhodné se dále zabývat možnostmi vyhlášení chráněného území. Je ovšem důležité chránit nejen lokality s nejvhodnějším habitatem, ale též biokoridory mezi nimi. Z tohoto pohledu se jeví problematicky především spojení mezi chráněnou oblastí Annapurna a národním parkem Shey-Phoksundo západně od ní. Byla také potvrzena původní hypotéza, že některé významné migrační trasy mohou vést příhraničními oblastmi okolních států, především ve východní části Nepálu. Jedná se o další potvrzení faktu, že je důležité koordinovat plánování a realizaci ochranných opatření na mezinárodní úrovni.

7. Závěr

Himálaj, nejvyšší pohoří světa, je i v globálním pohledu zcela jedinečným přírodním regionem. Levhart sněžný je jakožto vrcholový predátor nedílnou součástí tohoto ekosystému. V současnosti je však jeho stabilita narušena vlivem narůstající antropogenní činnosti v tamní oblasti. Rychlý nárůst lidské populace a technologický pokrok vedou k zintenzivnění hospodaření ve stále odlehlejších a výše položených oblastech. Aby byla zachována přírodní hodnota tohoto regionu, je nezbytné přijmout dostatečná opatření pro ochranu celého ekosystému. A levhart sněžný díky své atraktivitě pro širokou veřejnost v těchto snahách plní funkci deštníkového druhu zaštiťujícího i ostatní, méně známé druhy. Proto je třeba jeho ochraně věnovat zvláštní pozornost.

Cílem této práce bylo zhodnotit míru konektivity krajiny z pohledu levharta sněžného a vymezit vhodné oblasti pro jeho výskyt. Z výsledků analýzy vyplývá, že nejvhodnější habitat se nachází ve středním Nepálu. V západním Nepálu je vhodný habitat rozprostřen do větší plochy, zatímco ve východním Nepálu je soustředěn do úzkého pásu na úbočí Himálaje. Byla zjištěna nízká úroveň konektivity mezi středním a východním Nepálem. Zároveň byl potvrzen význam přeshraniční spolupráce při vymezování chráněných území, biokoridorů a plánování dalších ochranných opatření.

Statut sněžného levharta v hodnocení IUCN hlásí očekávaný pokles počtu jedinců v blízké budoucnosti o více než 10 %. Další redukce velikosti populace žijící na tak rozsáhlém území s sebou nese mnohá rizika související s demografií malých populací (Caughley 1994). Má-li být zajištěno dlouhodobé přežití tohoto druhu, je nezbytné přijmout v co nejkratší době dostatečně efektivní ochranná opatření. Pro jejich správné navržení je nutné pokračovat ve studiu ekologie a rozšíření této stále poněkud tajemné kočkovité šelmy. K tomu se snaží svým dílem přispět i tato diplomová práce.

Použitá literatura

ADRIAENSEN, F., J.P. CHARDON, G. DE BLUST, E. SWINNEN, S. VILLALBA, H. GULINCK a E. MATTHYSEN. The application of 'least-cost' modelling as a functional landscape model. *Landscape and Urban Planning* [online]. 2003, **64**(4), 233-247 [cit. 2017-11-08]. DOI: 10.1016/S0169-2046(02)00242-6. ISSN 01692046. Dostupné z: <http://linkinghub.elsevier.com/retrieve/pii/S0169204602002426>

ALEXANDER, J. S., Ch. ZHANG, K. SHI a P. RIORDAN. A granular view of a snow leopard population using camera traps in Central China. *Biological Conservation* [online]. 2016, **197**, 27-31 [cit. 2017-11-27]. DOI: 10.1016/j.biocon.2016.02.023. ISSN 00063207. Dostupné z: <http://linkinghub.elsevier.com/retrieve/pii/S0006320716300672>

BEIER, P., D. R. MAJKA a W. D. SPENCER. Forks in the Road: Choices in Procedures for Designing Wildland Linkages. *Conservation Biology* [online]. 2008, **22**(4), 836-851 [cit. 2017-11-08]. DOI: 10.1111/j.1523-1739.2008.00942.x. ISSN 08888892. Dostupné z: <http://doi.wiley.com/10.1111/j.1523-1739.2008.00942.x>

BEIER, P., W. SPENCER, R. F. BALDWIN a B. H. MCRAE. Toward Best Practices for Developing Regional Connectivity Maps. *Conservation Biology* [online]. 2011, **25**(5), 879-892 [cit. 2017-11-08]. DOI: 10.1111/j.1523-1739.2011.01716.x. ISSN 08888892. Dostupné z: <http://doi.wiley.com/10.1111/j.1523-1739.2011.01716.x>

BUCKLIN, D. N., M. BASILLE, A. M. BENSCOTER, et al. Comparing species distribution models constructed with different subsets of environmental predictors. *Diversity and Distributions* [online]. 2015, **21**(1), 23-35 [cit. 2018-03-26]. DOI: 10.1111/ddi.12247. ISSN 13669516. Dostupné z: <http://doi.wiley.com/10.1111/ddi.12247>

CAUGHLEY, G. Directions in Conservation Biology. *The Journal of Animal Ecology* [online]. 1994, **63**(2), 215- [cit. 2018-03-06]. DOI: 10.2307/5542. ISSN 00218790. Dostupné z: <http://www.jstor.org/stable/5542?origin=crossref>

CITES: Convention on International Trade in Endangered Species of Wild Fauna and Flora [online]. [cit. 2017-11-18]. Dostupné z: <https://www.cites.org/eng>

COMPTON, B. W., K. MCGARIGAL, S. A. CUSHMAN a L. R. GAMBLE. A Resistant-Kernel Model of Connectivity for Amphibians that Breed in Vernal Pools. *Conservation Biology* [online]. 2007, **21**(3), 788-799 [cit. 2017-11-15]. DOI: 10.1111/j.1523-1739.2007.00674.x. ISSN 0888-8892. Dostupné z: <http://doi.wiley.com/10.1111/j.1523-1739.2007.00674.x>

CUSHMAN, S. A., B. MCRAE, F. ADRIAENSEN, P. BEIER, M. SHIRLEY a K. ZELLER. Biological corridors and connectivity. *Key Topics in Conservation Biology* 2[online]. Oxford: John Wiley, 2013, 384 [cit. 2016-04-01]. DOI: 10.1002/9781118520178.ch21. ISBN 9781118520178. Dostupné z: <http://doi.wiley.com/10.1002/9781118520178.ch21>

DEPARTMENT OF NATIONAL PARKS AND WILDLIFE CONSERVATION (DNPWC). *Snow Leopard Conservation: Action Plan for Nepal (2017 - 2021)* [online]. 2017 [cit. 2017-10-30].

Eastern Himalayas Region: Ecosystem Profile [online]. Critical Ecosystem Partnership Fund (CEPF), 2005 [cit. 2016-03-15]. Dostupné z: <http://www.cepf.net/Documents/final.ehimalayas.ep.pdf>

ELITH, J. a C. H. GRAHAM. Do they? How do they? WHY do they differ? On finding reasons for differing performances of species distribution models. *Ecography* [online]. 2009, **32**(1), 66-77 [cit. 2017-11-15]. DOI: 10.1111/j.1600-0587.2008.05505.x. ISSN 09067590. Dostupné z: <http://doi.wiley.com/10.1111/j.1600-0587.2008.05505.x>

ELITH, J. a J. R. LEATHWICK. Species Distribution Models: Ecological Explanation and Prediction Across Space and Time. *Annual Review of Ecology, Evolution, and Systematics*[online]. 2009, **40**(1), 677-697 [cit. 2018-02-21]. DOI: 10.1146/annurev.ecolsys.110308.120159. ISSN 1543-592x. Dostupné z: <http://www.annualreviews.org/doi/10.1146/annurev.ecolsys.110308.120159>

ETHERINGTON, T. R. a E. PENELOPE HOLLAND. Least-cost path length versus accumulated-cost as connectivity measures. *Landscape Ecology* [online]. 2013, **28**(7), 1223-1229 [cit. 2017-10-31]. DOI: 10.1007/s10980-013-9880-2. ISSN 0921-2973. Dostupné z: <http://link.springer.com/10.1007/s10980-013-9880-2>

FOX, J. L. *A Review Of The Status And Ecology Of The Snow Leopard (Panthera uncia)*. International Snow Leopard Trust, 1989.

GNI per capita, Atlas method (current US\$) [online]. The World Bank Group [cit. 2017-11-29]. Dostupné z: <https://data.worldbank.org/indicator/NY.GNP.PCAP.CD>

GUISAN, A. a N. E. ZIMMERMANN. Predictive habitat distribution models in ecology. *Ecological Modelling* [online]. 2000, **135**(2-3), 147-186 [cit. 2018-02-26]. DOI: 10.1016/S0304-3800(00)00354-9. ISSN 03043800. Dostupné z: <http://linkinghub.elsevier.com/retrieve/pii/S0304380000003549>

HEPENSTRICK, D., D. THIEL, R. HOLDEREGGER a F. GUGERLI. Genetic discontinuities in roe deer (*Capreolus capreolus*) coincide with fenced transportation infrastructure. *Basic and Applied Ecology* [online]. 2012, **13**(7), 631-638 [cit. 2017-12-04]. DOI:

10.1016/j.baae.2012.08.009. ISSN 14391791. Dostupné z:
<http://linkinghub.elsevier.com/retrieve/pii/S1439179112000898>

JACKSON, R., MALLON, D., MISHRA, CH., NORAS, S., SHARMA, R. a K. SURYAWANSHI. *Snow Leopard Survival Strategy: Revised Version 2014.1* [online]. Snow Leopard Network, 2014 [cit. 2017-11-27]. Dostupné z:
http://www.snowleopardnetwork.org/docs/Snow_Leopard_Survival_Strategy_2014.1.pdf

JOSHI, A., S. VAIDYANATHAN, S. MONDOL, A. EDGAONKAR a U. RAMAKRISHNAN. Connectivity of Tiger (*Panthera tigris*) Populations in the Human-Influenced Forest Mosaic of Central India. *PLoS ONE* [online]. 2013, **8**(11) [cit. 2017-11-15]. DOI: 10.1371/journal.pone.0077980. ISSN 1932-6203. Dostupné z:
<http://dx.plos.org/10.1371/journal.pone.0077980>

LIU, F., W. J. MCSHEA a D. LI. Correlating habitat suitability with landscape connectivity: A case study of Sichuan golden monkey in China. *Ecological Modelling* [online]. 2016, **353**, 37-46 [cit. 2017-11-15]. DOI: 10.1016/j.ecolmodel.2016.09.004. ISSN 03043800. Dostupné z:
<http://linkinghub.elsevier.com/retrieve/pii/S0304380016303805>

MACHAR, I. a L. DROBILOVÁ. *Ochrana přírody a krajiny v České republice: vybrané aktuální problémy a možnosti jejich řešení*. Olomouc: Univerzita Palackého v Olomouci, 2012. ISBN 978-80-244-3041-6.

MANEL, S., M. K. SCHWARTZ, G. LUIKART a P. TABERLET. *Landscape genetics: combining landscape ecology and population genetics* [online]. 2003, **18**(4), 189-197 [cit. 2017-12-04]. DOI: 10.1016/S0169-5347(03)00008-9. ISSN 01695347. Dostupné z:
<http://linkinghub.elsevier.com/retrieve/pii/S0169534703000089>

MCCARTHY, Thomas M., Todd K. FULLER a Bariusha MUNKHTSOG. Movements and activities of snow leopards in Southwestern Mongolia. *Biological Conservation* [online]. 2005, **124**(4), 527-537 [cit. 2016-05-07]. DOI: 10.1016/j.biocon.2005.03.003. ISSN 00063207. Dostupné z: <http://linkinghub.elsevier.com/retrieve/pii/S0006320705001096>

MCCARTHY, T., D. MALLON, R. JACKSON, P. ZAHLER a K. MCCARTHY. *Panthera uncia* [online]. The IUCN Red List of Threatened Species 2017, 2017 [cit. 2017-11-18]. ISSN 2307-8235. Dostupné z: <http://dx.doi.org/10.2305/IUCN.UK.2017-2.RLTS.T22732A50664030.en>

MCRAE, B. H. Isolation by resistance. *Evolution* [online]. 2006, **60**(8), 1551-1561 [cit. 2017-11-06]. DOI: 10.1111/j.0014-3820.2006.tb00500.x. ISSN 0014-3820. Dostupné z: <http://doi.wiley.com/10.1111/j.0014-3820.2006.tb00500.x>

MCRAE, B. H., B. G. DICKSON, T. H. KEITT a V. B. SHAH. Using circuit theory to model connectivity in ecology, evolution, and conservation. *Ecology*[online]. 2008, **89**(10), 2712-2724 [cit. 2017-11-06]. DOI: 10.1890/07-1861.1. ISSN 0012-9658. Dostupné z: <http://doi.wiley.com/10.1890/07-1861.1>

NOWELL, K., J. LI, M. PALTSYN a R. K. SHARMA. *An Ounce of Prevention: Snow Leopard Crime Revisited* [online]. TRAFFIC, 2016 [cit. 2017-11-22]. ISBN 978-1-85850-409-4.

PAUDEL, P. K., B. P. BHATTARAI a P. KINDLMANN. An Overview of the Biodiversity in Nepal. *Himalayan Biodiversity in the Changing World* [online]. Dordrecht: Springer Netherlands, 2012, , 1-40 [cit. 2017-10-30]. DOI: 10.1007/978-94-007-1802-9_1. ISBN 978-94-007-1801-2. Dostupné z: http://www.springerlink.com/index/10.1007/978-94-007-1802-9_1

PHILLIPS, S. J., M. DUDÍK a R. E. SCHAPIRE. A maximum entropy approach to species distribution modeling. *Twenty-first international conference on Machine learning - ICML '04* [online]. New York, New York, USA: ACM Press, 2004, 2004, , 83- [cit. 2018-02-26]. DOI: 10.1145/1015330.1015412. ISBN 1581138285. Dostupné z: <http://portal.acm.org/citation.cfm?doid=1015330.1015412>

SAPPINGTON, J. M., K. M. LONGSHORE a D. B. THOMPSON. Quantifying Landscape Ruggedness for Animal Habitat Analysis: A Case Study Using Bighorn Sheep in the Mojave Desert. *Journal of Wildlife Management* [online]. 2007, **71**(5), 1419-1426 [cit. 2018-03-26]. DOI: 10.2193/2005-723. ISSN 0022-541X. Dostupné z: <http://www.bioone.org/doi/abs/10.2193/2005-723>

Snow Leopard Conservancy [online]. [cit. 2017-11-27]. Dostupné z: <http://snowleopardconservancy.org/>

SNOW LEOPARD WORKING SECRETARIAT (SLWS). *Global Snow Leopard and Ecosystem Protection Program: A New International Effort to Save the Snow Leopard and Conserve High-Mountain Ecosystems* [online]. 2013 [cit. 2017-11-28].

SPENCER, W. D., P. BEIER, K. PENROD, M. PARISI, K. WINTERS, J. STRITTHOLT, C. PAULMAN a H. RUSTIGIAN-ROMSOS. *California Essential Habitat Connectivity Project: a strategy for conserving a connected California* [online]. California Department of Transportation and California Department of Fish & Game, 2010 [cit. 2017-11-15].

TAYLOR, P. D., L. FAHRIG, K. HENEIN a G. MERRIAM. Connectivity Is a Vital Element of Landscape Structure. *Oikos* [online]. 1993, **68**(3), 571- [cit. 2017-10-30]. DOI: 10.2307/3544927. ISSN 00301299. Dostupné z: <http://www.jstor.org/stable/3544927?origin=crossref>

TISCHENDORF, L. a L. FAHRIG. On the usage and measurement of landscape connectivity. *Oikos* [online]. 2000, **90**(1), 7-19 [cit. 2017-10-30]. DOI: 10.1034/j.1600-0706.2000.900102.x. ISSN 0030-1299. Dostupné z: <http://doi.wiley.com/10.1034/j.1600-0706.2000.900102.x>

TOWNSEND, C. R., M. BEGON a J. L. HARPER. *Základy ekologie*. Olomouc: Univerzita Palackého, 2010. ISBN 978-80-244-2478-1.

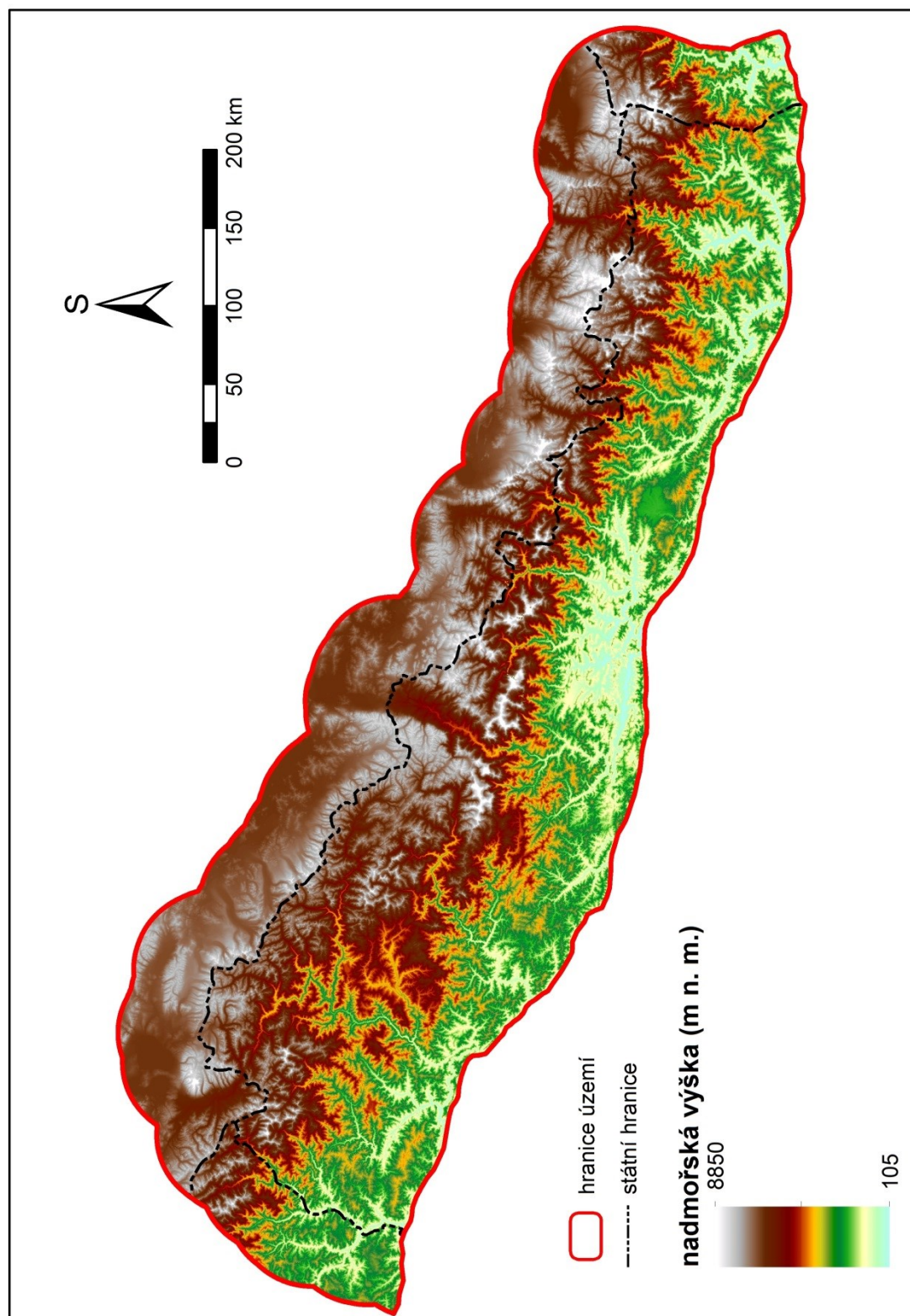
URBAN, D. a T. KEITT. Landscape Connectivity: A Graph-theoretic Perspective. *Ecology* [online]. 2001, **82**(5), 1205-1218 [cit. 2017-11-08]. DOI: 10.1890/0012-9658(2001)082[1205:LCAGTP]2.0.CO;2. ISSN 0012-9658. Dostupné z: [http://doi.wiley.com/10.1890/0012-9658\(2001\)082\[1205:LCAGTP\]2.0.CO;2](http://doi.wiley.com/10.1890/0012-9658(2001)082[1205:LCAGTP]2.0.CO;2)

ZELLER, K. A., K. MCGARIGAL a A. R. WHITELEY. Estimating landscape resistance to movement: a review. *Landscape Ecology* [online]. 2012, **27**(6), 777-797 [cit. 2017-11-14]. DOI: 10.1007/s10980-012-9737-0. ISSN 0921-2973. Dostupné z: <http://link.springer.com/10.1007/s10980-012-9737-0>

Přílohy

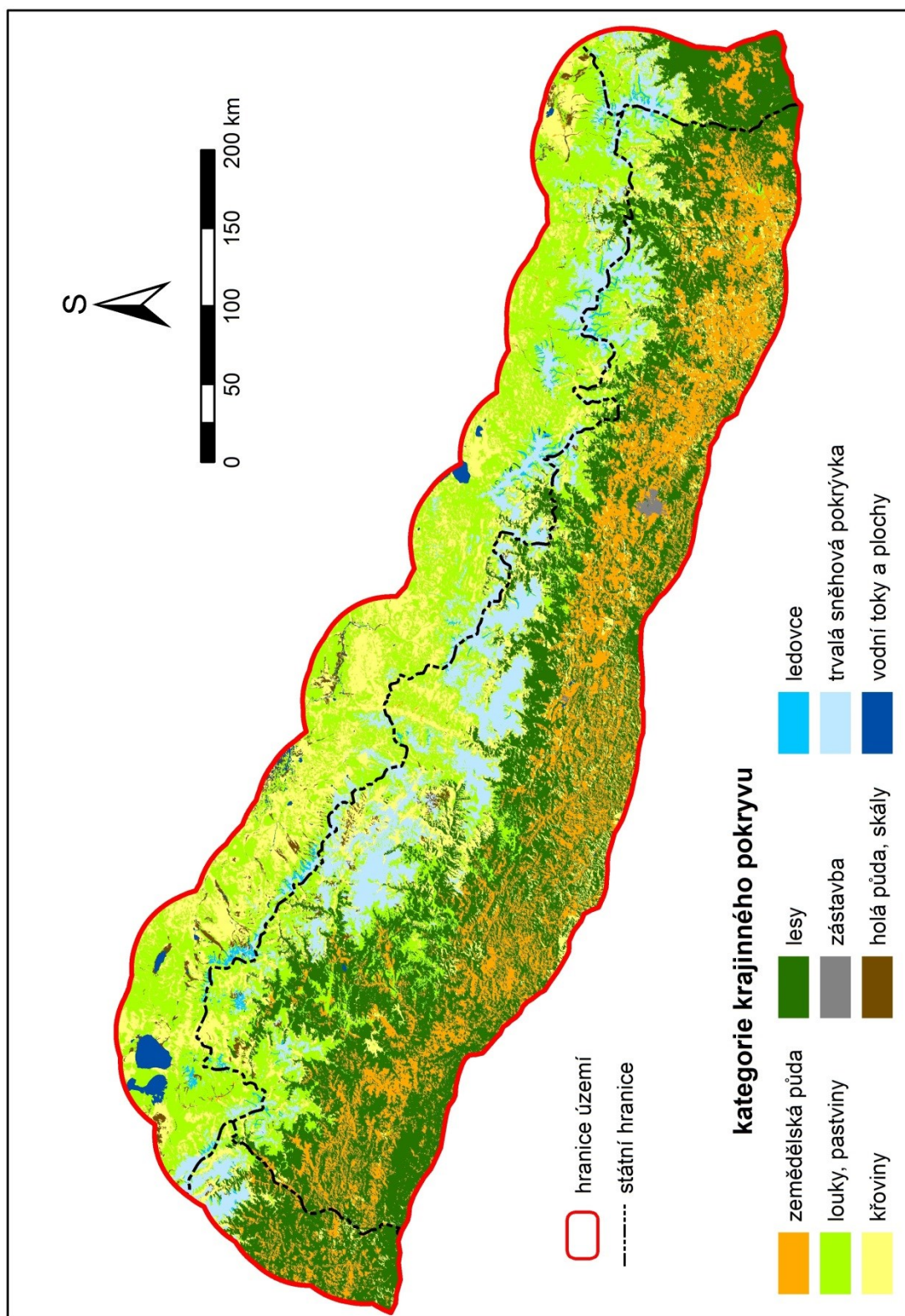
Příloha 1: Mapa nadmořských výšek v oblasti

Zdroj: SRTM

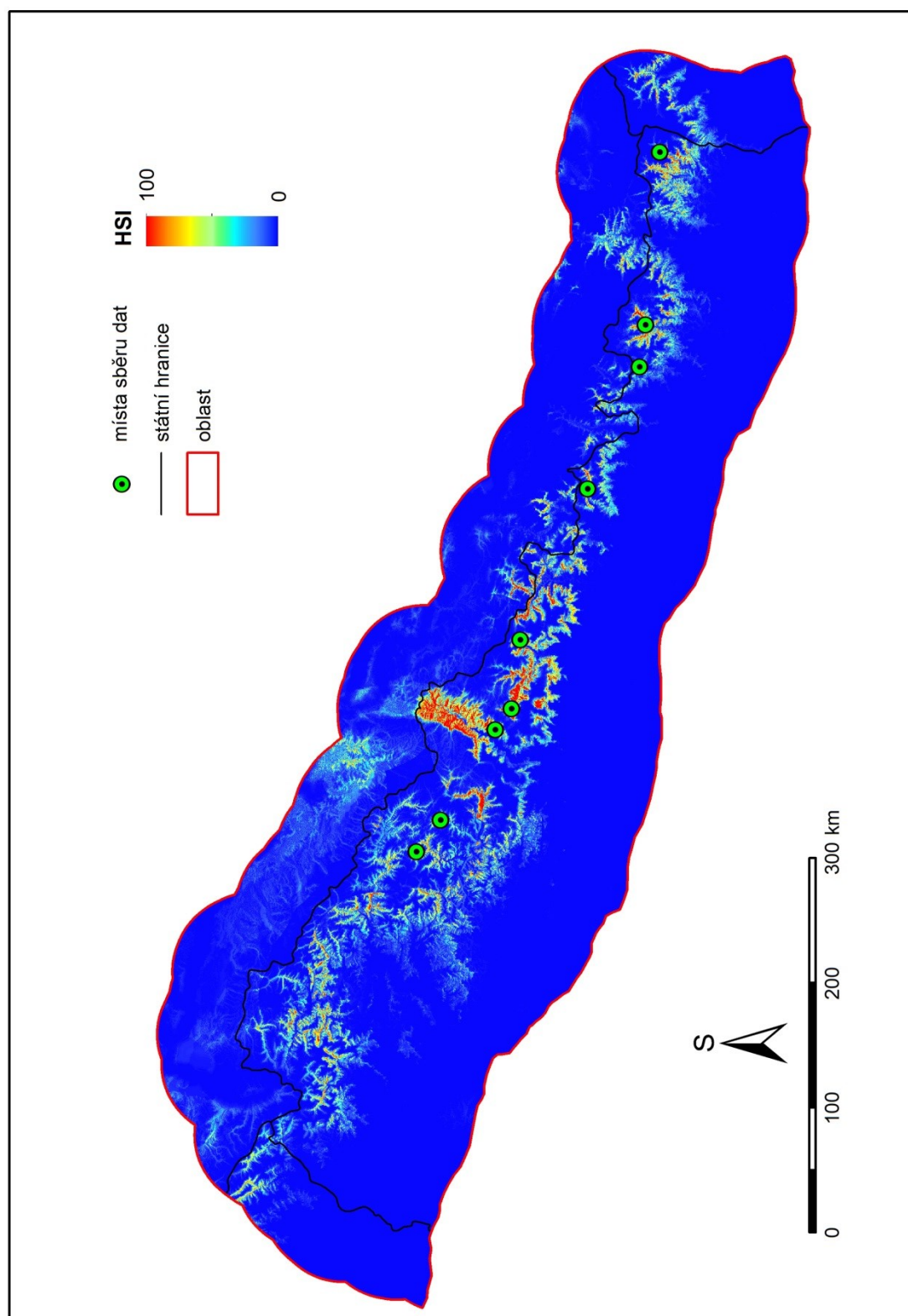


Příloha 2: Mapa krajinného pokryvu v oblasti

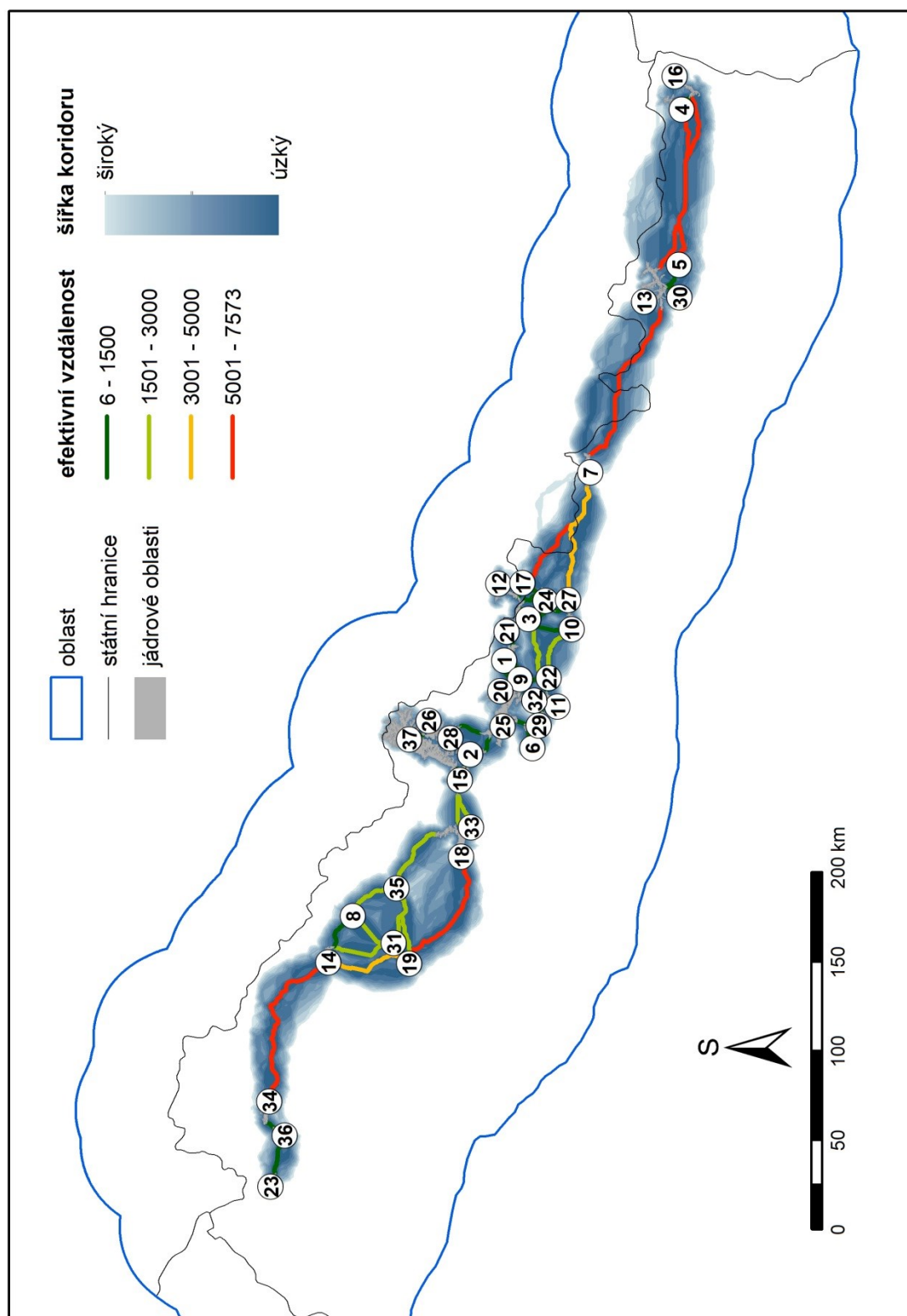
Zdroj: FAO Global Land Cover Network



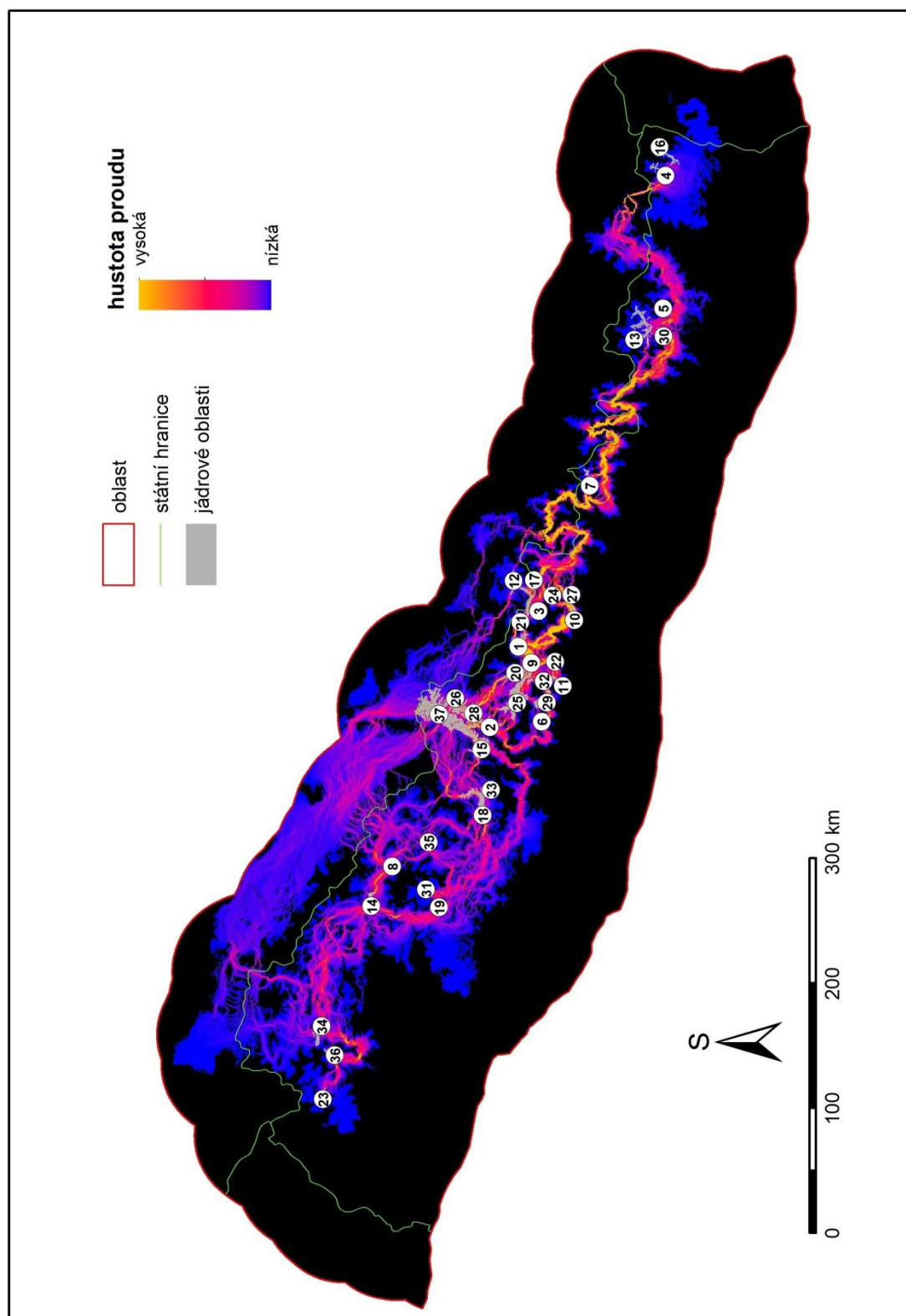
Příloha 3: Mapa indexu vhodnosti habitatu (HSI) pro levharta sněžného



Příloha 4: Mapa jádrových oblastí, cest a koridorů nejmenších nákladů



Příloha 5: Mapa migračních koridorů vyjádřených pomocí hustoty proudu



Příloha 6: Matice rezistenčních vzdáleností mezi jádrovými oblastmi

číslo oblasti	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30	31	32	33	34	35	36	37
1	-	0,16	0,17	15,50	7,61	0,17	2,64	0,47	0,01	0,12	0,10	0,19	7,55	0,50	0,19	15,52	0,19	0,39	0,50	0,04	0,16	0,05	1,45	0,16	0,03	0,17	0,14	0,16	0,11	7,54	0,53	0,06	0,40	0,80	0,46	1,25	0,16
2	0,16	-	0,32	15,65	7,75	0,23	2,78	0,31	0,13	0,27	0,18	0,34	7,70	0,34	0,03	15,66	0,33	0,23	0,35	0,12	0,31	0,15	1,29	0,31	0,12	0,01	0,29	0,01	0,18	7,68	0,37	0,16	0,24	0,64	0,30	1,09	0,00
3	0,17	0,32	-	15,38	7,48	0,34	2,51	0,63	0,19	0,10	0,27	0,04	7,42	0,67	0,35	15,39	0,04	0,55	0,67	0,21	0,01	0,22	1,62	0,04	0,21	0,33	0,09	0,33	0,28	7,41	0,69	0,23	0,56	0,96	0,63	1,41	0,32
4	15,50	15,65	15,38	-	7,91	15,67	12,86	15,96	15,52	15,42	15,60	15,36	7,98	15,99	15,68	0,01	15,35	15,88	15,99	15,54	15,36	15,55	16,94	15,37	15,54	15,66	15,40	15,65	15,61	7,97	16,02	15,56	15,89	16,29	15,95	16,74	15,65
5	7,61	7,75	7,48	7,91	-	7,78	4,96	8,06	7,62	7,52	7,70	7,47	0,08	8,10	7,78	7,92	7,45	7,98	8,10	7,64	7,46	7,65	9,05	7,47	7,64	7,76	7,51	7,76	7,71	0,07	8,12	7,67	7,99	8,39	8,06	8,84	7,75
6	0,17	0,23	0,34	15,67	7,78	-	2,80	0,54	0,15	0,29	0,08	0,36	7,72	0,57	0,26	15,69	0,36	0,45	0,57	0,15	0,33	0,13	1,52	0,33	0,14	0,24	0,31	0,23	0,07	7,70	0,60	0,13	0,47	0,87	0,53	1,31	0,23
7	2,64	2,78	2,51	12,86	4,96	2,80	-	3,09	2,65	2,55	2,73	2,50	4,91	3,12	2,81	12,88	2,48	3,01	3,13	2,67	2,49	2,68	4,07	2,50	2,67	2,79	2,53	2,79	2,74	4,89	3,15	2,70	3,02	3,42	3,08	3,87	2,78
8	0,47	0,31	0,63	15,96	8,06	0,54	3,09	-	0,44	0,58	0,49	0,65	8,01	0,08	0,32	15,97	0,64	0,26	0,18	0,43	0,62	0,46	1,08	0,62	0,43	0,31	0,60	0,31	0,49	7,99	0,21	0,47	0,28	0,43	0,15	0,88	0,30
9	0,01	0,13	0,19	15,52	7,62	0,15	2,65	0,44	-	0,13	0,07	0,20	7,56	0,48	0,16	15,53	0,20	0,36	0,48	0,01	0,18	0,02	1,42	0,17	0,00	0,14	0,16	0,14	0,08	7,55	0,50	0,04	0,37	0,77	0,44	1,22	0,13
10	0,12	0,27	0,10	15,42	7,52	0,29	2,55	0,58	0,13	-	0,21	0,11	7,46	0,62	0,30	15,43	0,10	0,50	0,62	0,16	0,09	0,16	1,56	0,05	0,15	0,28	0,02	0,28	0,22	7,45	0,64	0,18	0,51	0,91	0,58	1,36	0,27
11	0,10	0,18	0,27	15,60	7,70	0,08	2,73	0,49	0,07	0,21	-	0,28	7,64	0,52	0,21	15,61	0,28	0,40	0,52	0,08	0,26	0,05	1,47	0,25	0,07	0,19	0,24	0,18	0,01	7,63	0,55	0,04	0,42	0,82	0,48	1,26	0,18
12	0,19	0,34	0,04	15,36	7,47	0,36	2,50	0,65	0,20	0,11	0,28	-	7,41	0,68	0,37	15,38	0,01	0,56	0,68	0,23	0,00	0,23	1,63	0,05	0,22	0,34	0,10	0,34	0,29	7,39	0,71	0,25	0,57	0,98	0,64	1,42	0,34
13	7,55	7,70	7,42	7,98	0,08	7,72	4,91	8,01	7,56	7,46	7,64	7,41	-	8,04	7,73	7,99	7,39	7,92	8,04	7,59	7,41	7,60	8,99	7,42	7,58	7,70	7,45	7,70	7,66	0,01	8,07	7,61	7,93	8,34	8,00	8,78	7,70
14	0,50	0,34	0,67	15,99	8,10	0,57	3,12	0,08	0,48	0,62	0,52	0,68	8,04	-	0,35	16,01	0,68	0,28	0,15	0,47	0,66	0,49	1,01	0,65	0,46	0,34	0,64	0,34	0,53	8,02	0,19	0,50	0,30	0,36	0,19	0,80	0,33
15	0,19	0,03	0,35	15,68	7,78	0,26	2,81	0,32	0,16	0,30	0,21	0,37	7,73	0,35	-	15,69	0,36	0,23	0,35	0,15	0,34	0,18	1,30	0,34	0,15	0,03	0,32	0,03	0,21	7,71	0,37	0,19	0,24	0,65	0,31	1,09	0,00
16	15,52	15,66	15,39	0,01	7,92	15,69	12,88	15,97	15,53	15,43	15,61	15,38	7,99	16,01	15,69	-	15,36	15,89	16,01	15,56	15,38	15,56	16,96	15,38	15,55	15,67	15,42	15,67	15,62	7,99	16,04	15,58	15,90	16,30	15,97	16,75	15,66
17	0,19	0,33	0,04	15,35	7,45	0,36	2,48	0,64	0,20	0,10	0,28	0,01	7,39	0,68	0,36	15,36	-	0,56	0,68	0,22	0,01	0,23	1,63	0,05	0,22	0,34	0,09	0,34	0,29	7,38	0,71	0,25	0,57	0,97	0,64	1,42	0,33
18	0,39	0,23	0,55	15,88	7,98	0,45	3,01	0,26	0,36	0,50	0,40	0,56	7,92	0,28	0,23	15,89	0,56	-	0,25	0,35	0,54	0,37	1,25	0,53	0,34	0,22	0,52	0,22	0,41	7,91	0,28	0,38	0,00	0,60	0,21	1,05	0,21
19	0,50	0,35	0,67	15,99	8,10	0,57	3,13	0,18	0,48	0,62	0,52	0,68	8,04	0,15	0,35	16,01	0,68	0,25	-	0,47	0,66	0,49	1,14	0,65	0,46	0,34	0,64	0,34	0,53	8,02	0,03	0,50	0,27	0,49	0,17	0,94	0,33
20	0,04	0,12	0,21	15,54	7,64	0,15	2,67	0,43	0,01	0,16	0,08	0,23	7,59	0,47	0,15	15,56	0,22	0,35	0,47	-	0,20	0,03	1,42	0,19	0,00	0,13	0,18	0,13	0,09	7,57	0,50	0,04	0,36	0,76	0,43	1,21	0,12
21	0,16	0,31	0,01	15,36	7,46	0,33	2,49	0,62	0,18	0,09	0,26	0,00	7,41	0,66	0,34	15,38	0,01	0,54	0,66	0,20	-	0,21	1,61	0,04	0,20	0,32	0,08	0,32	0,27	7,39	0,69	0,23	0,55	0,95	0,62	1,40	0,31
22	0,05	0,15	0,22	15,55	7,65	0,13	2,68	0,46	0,02	0,16	0,05	0,23	7,60	0,49	0,18	15,56	0,23	0,37	0,49	0,03	0,21	-	1,44	0,20	0,02	0,16	0,19	0,15	0,07	7,58	0,52	0,01	0,39	0,79	0,45	1,23	0,15
23	1,45	1,29	1,62	16,94	9,05	1,52	4,07	1,08	1,42	1,56	1,47	1,63	8,99	1,01	1,30	16,96	1,63	1,25	1,14	1,42	1,61	1,44	-	1,60	1,41	1,29	1,59	1,29	1,48	8,97	1,18	1,45	1,27	0,66	1,17	0,20	1,28
24	0,16	0,31	0,04	15,37	7,47	0,33	2,50	0,62	0,17	0,05	0,25	0,05	7,42	0,65	0,34	15,38	0,05	0,53	0,65	0,19	0,04	0,20	1,60	-	0,19	0,32	0,04	0,31	0,26	7,40	0,68	0,22	0,55	0,95	0,61	1,39	0,31
25	0,03	0,12	0,21	15,54	7,64	0,14	2,67	0,43	0,00	0,15	0,07	0,22	7,58	0,46	0,15	15,55	0,22	0,34	0,46	0,00	0,20	0,02	1,41	0,19	-	0,13	0,17	0,12	0,08	7,57	0,49	0,04	0,36	0,76	0,42	1,20	0,12
26	0,17	0,01	0,33	15,66	7,76	0,24	2,79	0,31	0,14	0,28	0,19	0,34	7,70	0,34	0,03	15,67	0,34	0,22	0,34	0,13	0,32	0,16	1,29	0,32	0,13	-	0,30	0,00	0,19	7,69	0,37	0,17	0,24	0,64	0,30	1,08	0,00
27	0,14	0,29	0,09	15,40	7,51	0,31	2,53	0,60	0,16	0,02	0,24	0,10	7,45	0,64	0,32	15,42	0,09	0,52	0,64	0,18	0,08	0,19	1,59	0,04	0,17	0,30	-	0,30	0,25	7,43	0,66	0,20	0,53	0,93	0,60	1,38	0,29
28	0,16	0,01	0,33	15,65	7,76	0,23	2,79	0,31	0,14	0,28	0,18	0,34	7,70	0,34	0,03	15,67	0,34	0,22	0,34	0,13	0,32	0,15	1,29	0,31	0,12	0,00	0,30	-	0,19	7,68	0,37	0,16	0,24	0,64	0,30	1,08	0,00
29	0,11	0,18	0,28	15,61	7,71	0,07	2,74	0,49	0,08	0,22	0,01	0,29	7,66	0,53	0,21	15,62	0,29	0,41	0,53	0,09	0,27	0,07	1,48	0,26	0,08	0,19	0,25	0,19	-	7,64	0,56	0,06	0,42	0,82	0,49	1,27	0,18
30	7,54	7,68	7,41	7,97	0,07	7,70	4,89	7,99	7,55	7,45	7,63	7,39	0,01	8,02	7,71	7,99	7,38	7,91	8,02	7,57	7,39	7,58	8,97	7,40	7,57	7,69	7,43	7,68	7,64	-	8,05	7,59	7,92	8,32	7,98	8,77	7,68
31	0,53	0,37	0,69	16,02	8,12	0,60	3,15	0,21	0,50	0,64	0,55	0,71	8,07	0,19	0,37	16,04	0,71	0,28	0,03	0,50	0,69	0,52	1,18	0,68	0,49	0,37	0,66	0,37	0,56	8,05	-	0,53	0,29	0,53	0,20	0,97	0,36
32	0,06	0,16	0,23	15,56	7,67	0,13	2,70	0,47	0,04	0,18	0,04	0,25	7,61	0,50	0,19	15,58	0,25	0,38	0,50	0,04	0,23	0,01	1,45	0,22	0,04	0,17	0,20	0,16	0,06	7,59	0,53	-	0,40	0,80	0,46	1,24	0,16
33	0,40	0,24	0,56	15,89	7,99	0,47	3,02	0,28	0,37	0,51	0,42	0,57	7,93	0,30	0,24	15,90	0,57	0,00	0,27	0,36	0,55	0,39	1,27	0,55	0,36	0,24	0,53	0,24	0,42	7,92	0,29	0,40	-	0,62	0,23	1,06	0,22
34	0,80	0,64	0,96	16,29	8,39	0,87	3,42	0,43	0,77	0,91	0,82	0,98	8,34	0,36	0,65	16,30	0,97	0,60	0,49	0,76	0,95	0,79	0,66	0,95	0,76	0,64	0,82	0,82	0,82	8,32	0,53	0,80	0,62	-	0,51	0,45	0,63
35	0,46	0,30	0,63	15,95	8,06	0,53	3,08	0,15	0,44	0,58	0,48	0,64	8,00	0,19	0																						

Příloha 7: Mapa chráněných území a jejich překryv s jádrovými oblastmi

Zdroj: vlastní zpracování dle Protected Planet

